



**Francisco Maria de Almeida Garrett Ferrão**

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

## **Aplicação da Metodologia Lean Seis Sigma na Otimização do Nível de Stocks: Caso de Estudo na Indústria Vidreira**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Professor Doutor José Fernando Gomes Requeijo

Co-Orientador: Eng.º Rui Pedro Martins de Carvalho e Abreu

Júri:

Presidente: Professora Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes

Vogais: Professora Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos

Professor Doutor José Fernando Gomes Requeijo

Eng.º Rui Pedro Martins de Carvalho e Abreu



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Setembro de 2014**



**Aplicação da Metodologia Lean Seis Sigma na Otimização do Nível de Stocks: Caso de Estudo na Indústria Vidreira - © copyright 2014 – Francisco Maria de Almeida Garrett Ferrão**

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## **Agradecimentos**

Ao Professor José Gomes Requeijo pelo seu apoio, incentivo e orientação mas, acima de tudo, por me ter encaminhado para uma temática tão atual.

Um agradecimento especial à Dra. Maria do Rosário Duarte pela sua disponibilidade e paciência nas revisões bibliográficas.

À Saint-Gobain Glass Portugal e a todos os membros da equipa de melhoria contínua de processos por fazerem possível a realização deste projeto. Devo um sincero agradecimento ao Eng.º Rui Abreu pelo seu apoio incondicional e pela transmissão dos seus conhecimentos.

Por último, uma palavra de agradecimento à minha família e amigos.



## Resumo

Com a crescente competitividade dos mercados, em parte devido à conjuntura económica atual, as organizações viram-se obrigadas a adotar estratégias de gestão que lhes permitissem reduzir custos e aumentar a eficácia e eficiência dos seus processos. Como tal, são cada vez mais as empresas que apostam em práticas de melhoria contínua, para de um modo estruturado fazerem face ao desperdício gerado ao longo da cadeia de abastecimento, bem como à variabilidade dos seus processos. Uma das abordagens frequentemente utilizada dentro das empresas industriais é o *Lean Seis Sigma*.

O ciclo DMAIC é um método sequencial que por meio das etapas *Define*, *Measure*, *Analyse*, *Improve* e *Control*, auxilia a implementação estruturada de iniciativas de melhoria contínua, tais como os projetos *Lean Seis Sigma*.

O objetivo do caso de estudo da presente dissertação é, através da criação de *stocks* de segurança e da otimização do nível de *stocks* de produto acabado, alcançar uma redução do valor financeiro imobilizado no armazém de produto final de uma empresa da indústria vidreira. Nesse sentido, foram aplicadas diversas ferramentas *Lean* e Seis Sigma com o intuito de recolher dados válidos, analisar as causas da raiz do problema e ulteriormente propor as devidas melhorias.

Constatou-se que a inexistência de *stocks* de segurança, bem como a ausência de uma classificação dos *stocks* de acordo a média diária de expedições, influi negativamente na organização dos níveis de *stock* de uma empresa, levando a que a rotatividade dos artigos seja reduzida. Consequentemente, a aplicação do ciclo DMAIC, com especial enfoque na Análise ABC como ferramenta de gestão e controlo de *stocks*, gera benefícios que podem ser traduzidos para outras organizações, ao nível do aumento da qualidade e da satisfação dos clientes.

**Palavras-chave:** *Lean*, Seis Sigma, DMAIC, *Stocks* de Segurança, Indústria Vidreira, Análise ABC





## **Abstract**

With the global markets competitiveness, in part due to the current economical conjecture, organizations all over the world were forced to adopt management strategies that allowed them to cut back costs and increase the efficiency of their processes. Thus, it is increasing the number of enterprises that wager in continuous improvement practices, so that in a structured way they could face the waste generated throughout the supply chain, as well as their processes variability. One of those frequently used approaches within industrial companies is Lean Six Sigma.

DMAIC cycle is a sequential method that by the stages Define, Measure, Analyse, Improve and Control, helps in a structured way the implementation of continuous improvement initiatives, such as Lean Six Sigma projects.

The present case study's main objective is to achieve a reduction in the financial value of the fixed stock at a glassmaking industry warehouse, by creating buffer stocks and through the optimization of the final products' stock level. In that sense, various lean Six Sigma tools were applied with the purpose of collecting data, analysing the problem root cause and subsequently, by proposing the appropriate improvements.

It was noted that the inexistence of buffer stocks as well as the lack of a stock level classification according to the daily average dispatches affects negatively the organization of the stock level of enterprises, leading to a low stock turnover. Consequently, DMAIC cycle application with special focus in ABC Analysis as a stock management and control tool generates benefits that can be translated to other organizations, at a level of quality increase and clients' satisfaction.

**Keywords:** Lean, Six Sigma, DMAIC, Buffer Stocks, Glassmaking Industry, ABC Analysis



*O conteúdo original do caso de estudo desenvolvido na organização é de caráter confidencial, pelo que, para efeitos desta dissertação o nome dos produtos analisados poderá não corresponder à realidade. Note-se também que, os nomes dos intervenientes do projeto foram omitidos e que os valores do preço de venda dos produtos comercializados pela empresa foram substituídos por valores fictícios, de modo a preservar a confidencialidade dos resultados.*



# ÍNDICE

---

1	Introdução .....	1
1.1	Enquadramento .....	1
1.2	Objetivos.....	2
1.3	Metodologia de investigação.....	3
1.4	Estrutura da dissertação .....	3
2	Revisão Bibliográfica.....	5
2.1	Lean.....	5
2.1.1	Evolução Histórica da produção Lean.....	5
2.1.2	Toyota Production System .....	6
2.1.3	Pensamento Lean e seus Princípios.....	11
2.1.4	Fontes de desperdício .....	14
2.2	Seis Sigma .....	16
2.2.1	A origem do Seis Sigma.....	16
2.2.2	Evolução Histórica do Seis Sigma .....	17
2.2.3	Definição de Seis Sigma .....	18
2.2.4	Efeitos e benefícios .....	27
2.3	Lean Seis Sigma .....	28
2.3.1	Estrutura Lean Seis Sigma.....	29
2.3.2	Ciclo DMAIC .....	31
2.3.3	Outras técnicas e ferramentas Lean Seis Sigma .....	43
3	Caracterização da Empresa.....	49
3.1	O Grupo Saint-Gobain.....	49
3.2	Saint-Gobain Glass Portugal.....	50
3.2.1	Funções do vidro .....	51
3.2.2	O Processo produtivo .....	51
3.2.3	Logística e armazenagem de produtos .....	53
3.2.4	Regulamentação e compromisso com a qualidade .....	53
4	Caso de Estudo.....	55
4.1	Fase Definir (Define) .....	55

4.1.1	Identificar o problema, objetivos e âmbito .....	55
4.1.2	Identificar o processo condutor .....	56
4.1.3	Identificar e priorizar as necessidades dos clientes .....	56
4.1.4	Preparar o projeto para o êxito .....	59
4.1.5	Realizar o Business Case e atualizar o Project Charter .....	59
4.2	Fase Medir (Measure) .....	60
4.2.1	Mapeamento do Processo .....	60
4.2.2	Identificar a métrica de saída do processo.....	61
4.2.3	Recolher dados válidos .....	63
4.2.4	Avaliar a capacidade do processo .....	63
4.2.5	Definir a meta e atualizar o Project Charter .....	71
4.3	Fase Analisar (Analyse) .....	72
4.3.1	Identificar todas as causas possíveis.....	72
4.3.2	Filtrar as causas .....	72
4.3.3	Validar e priorizar as causas essenciais .....	75
4.3.4	Atualizar o Business Case .....	76
4.4	Fase Melhorar (Improve) .....	76
4.4.1	Identificar e selecionar as soluções ideais.....	76
4.4.2	Implementar as soluções.....	78
4.4.3	Atualizar Business Case e o Project Charter .....	84
4.5	Fase Controlar (Control).....	85
4.5.1	Avaliação do novo nível Sigma .....	86
4.5.2	Preparar o controlo da solução .....	87
4.5.3	Controlar e avaliar a solução.....	87
4.5.4	Liquidar o projeto.....	88
5	Conclusões e Sugestões Finais.....	91
5.1	Conclusões finais .....	91
5.2	Contribuições da dissertação .....	92
5.3	Propostas de trabalhos futuros .....	93
	Referências Bibliográficas .....	95
	Anexos.....	101

## Índice figuras

FIGURA 2.1 - CASA DO TOYOTA PRODUCTION SYSTEM .....	7
FIGURA 2.2 - DISTINTOS TIPOS DE ATIVIDADES SEGUNDO A PERSPETIVA DO CLIENTE .....	12
FIGURA 2.3 - OS CINCO PRINCÍPIOS DO PENSAMENTO <i>LEAN</i> .....	13
FIGURA 2.4 - AS TRÊS DISTINTAS CATEGORIAS DE DESPERDÍCIO .....	16
FIGURA 2.5 - ORGANIZAÇÕES SEIS SIGMA MUNDIALMENTE CONHECIDAS .....	19
FIGURA 2.6 - DISTRIBUIÇÃO NORMAL CENTRADA NA MÉDIA (CURTO PRAZO) .....	22
FIGURA 2.7 - DISTRIBUIÇÃO NORMAL COM MÉDIA DESLOCADA DE $\pm 1,5$ DESVIOS-PADRÃO (LONGO PRAZO) .....	22
FIGURA 2.8 - CAPACIDADE DE PROCESSO NUMA ABORDAGEM SEIS SIGMA .....	25
FIGURA 2.9 - SINERGIA ENTRE AS METODOLOGIAS <i>LEAN</i> E SEIS SIGMA .....	29
FIGURA 2.10 - AS CINCO FASES DO CICLO DMAIC .....	31
FIGURA 2.11 - PRINCIPAIS ETAPAS DA FASE DEFINIR .....	32
FIGURA 2.12 - ESQUEMATIZAÇÃO DA TRADUÇÃO DAS QUESTÕES-CHAVE EM CTQ'S .....	34
FIGURA 2.13 - PRINCIPAIS ETAPAS DA FASE MEDIR .....	35
FIGURA 2.14 - PRINCIPAIS ETAPAS DA FASE ANALISAR .....	37
FIGURA 2.15 - PRINCIPAIS ETAPAS DA FASE MELHORAR .....	39
FIGURA 2.16 - PRINCIPAIS ETAPAS DA FASE CONTROLAR .....	40
FIGURA 3.1 – VISÃO, MISSÃO E OBJETIVOS DA SAINT-GOBAIN .....	50
FIGURA 3.2 - ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DO GRUPO SAINT-GOBAIN .....	51
FIGURA 3.3 - VISUALIZAÇÃO DOS CAVALETES E DO ARMAZÉM .....	54
FIGURA 4.1 - DIAGRAMA DE GANTT PRELIMINAR DO PROJETO .....	59
FIGURA 4.2 – DIAGRAMA <i>SWIM LANES</i> DO PROJETO .....	61
FIGURA 4.3 – DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS ARTIGOS POR CLASSES .....	67
FIGURA 4.4 – DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DO CAPITAL IMOBILIZADO EM <i>STOCK</i> .....	67
FIGURA 4.5 – DIAGRAMA DE <i>ISHIKAWA</i> .....	73
FIGURA 4.6 – CAPITAL IMOBILIZADO EM <i>STOCK</i> APÓS AÇÕES DE MELHORIA .....	84
FIGURA 4.7 – CURVA DE GAUSS PARA O NÍVEL SIGMA INICIAL .....	87
FIGURA 4.8 – CURVA DE GAUSS PARA O NÍVEL SIGMA FINAL .....	87
FIGURA D.1 - DIAGRAMA DE GANTT ATUALIZADO APÓS FASE MELHORAR .....	115





## Índice tabelas

TABELA 2.1 - AS TRÊS GERAÇÕES DA FILOSOFIA SEIS SIGMA .....	19
TABELA 2.2 - DIFERENÇA ENTRE UMA EMPRESA 4 SIGMA E UMA EMPRESA 6 SIGMA .....	23
TABELA 2.3 - OBJETIVO, TÉCNICAS E FERRAMENTAS UTILIZADAS NAS DIFERENTES FASES DO CICLO DMAIC.....	42
TABELA 2.4 - MATRIZ DA ANÁLISE ABC CRUZADA.....	45
TABELA 4.1 - SÍNTESE DAS ETAPAS DA FASE DEFINIR .....	55
TABELA 4.2 - MEMBROS DA EQUIPA DE MELHORIA CONTÍNUA.....	56
TABELA 4.3 - PROJECT CHARTER .....	57
TABELA 4.4 – DIAGRAMA SIPOC DO PROJETO .....	58
TABELA 4.5 - NECESSIDADES DOS CLIENTES E RESPECTIVAS CTQ'S .....	58
TABELA 4.6 - ROSS DA FASE DEFINIR .....	60
TABELA 4.7 - SÍNTESE DAS ETAPAS DA FASE MEDIR.....	60
TABELA 4.8 – TRADUÇÃO DAS CTQ'S EM MÉTRICAS DE SAÍDA.....	62
TABELA 4.9 – DIAGRAMA MATRICIAL DAS MÉTRICAS DE SAÍDA .....	62
TABELA 4.10 – EXCERTO DO LEVANTAMENTO DE DADOS HISTÓRICOS RECOLHIDOS COM BASE NAS EXPEDIÇÕES.....	63
TABELA 4.11 – PARÂMETROS CALCULADOS COM BASE NO HISTÓRICO DAS EXPEDIÇÕES.....	65
TABELA 4.12 – CLASSIFICAÇÃO ABC DOS ARTIGOS.....	66
TABELA 4.13 – MATRIZ INICIAL DA ANÁLISE ABC CRUZADA.....	68
TABELA 4.14 – VALORES DO NÍVEL SIGMA E DPMO PARA A SITUAÇÃO INICIAL .....	69
TABELA 4.15 – MATRIZ DE AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE MELHORIA DOS ARTIGOS DA CLASSE DE COBERTURA DE STOCK BAIXA .....	70
TABELA 4.16 – MATRIZ DE AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE MELHORIA DOS ARTIGOS DAS RESTANTES CLASSES .....	71
TABELA 4.17 - SÍNTESE DAS ETAPAS DA FASE ANALISAR.....	72
TABELA 4.18 – VOTAÇÃO DAS CAUSAS DO PROBLEMA .....	74
TABELA 4.19 – NÚMERO DE VOTAÇÕES POR CADA CAUSA.....	75
TABELA 4.20 – PRIORIZAÇÃO DAS CAUSAS ESSENCIAIS.....	75
TABELA 4.21 – ROSS DA FASE ANALISAR .....	76
TABELA 4.22 – SÍNTESE DAS ETAPAS DA FASE MELHORAR.....	77
TABELA 4.23 – CRITÉRIOS DAS SOLUÇÕES DE MELHORIA .....	77
TABELA 4.24 – MELHORIA DOS ARTIGOS DA CLASSE A E COM COBERTURA DE STOCK MUITO BAIXA ....	79
TABELA 4.25 – MELHORIA DOS ARTIGOS DA CLASSE B E COM COBERTURA DE STOCK MUITO BAIXA ....	79
TABELA 4.26 – MELHORIA DOS ARTIGOS DA CLASSE C E COM COBERTURA DE STOCK MUITO BAIXA ....	80
TABELA 4.27 – MATRIZ GERADA APÓS AS MELHORIAS NA CLASSE DE COBERTURA DE STOCK MUITO BAIXA .....	81
TABELA 4.28 - MELHORIA DOS ARTIGOS DA CLASSE A E COM COBERTURA DE STOCK EXTREMAMENTE ALTA .....	82

TABELA 4.29 - MELHORIA DOS ARTIGOS DA CLASSE B E COM COBERTURA DE STOCK EXTREMAMENTE ALTA .....	82
TABELA 4.30 - MELHORIA DOS ARTIGOS DA CLASSE C E COM COBERTURA DE STOCK EXTREMAMENTE ALTA .....	83
TABELA 4.31 – MELHORIA DOS ARTIGOS DAS RESTANTES CLASSES DE COBERTURA DE STOCK .....	84
TABELA 4.32 – PERDAS E GANHOS FINANCEIROS ALCANÇADOS COM AS AÇÕES DE MELHORIA .....	85
TABELA 4.33 – SÍNTESE DAS ETAPAS DA FASE CONTROLAR .....	86
TABELA 4.34 – VALORES DO NÍVEL SIGMA E DPMO PARA A SITUAÇÃO FINAL .....	86
TABELA 4.35 – PLANO DE CONTROLO DO PROJETO.....	88
TABELA 4.36 – RESUMO DOS GANHOS GERADOS COM AS AÇÕES DE MELHORIA.....	89
TABELA 5.1 – COMPARAÇÃO DOS GANHOS FACE À SITUAÇÃO INICIAL.....	92
TABELA A.1 - PARÂMETROS CALCULADOS PARA A TOTALIDADE DOS ARTIGOS COM BASE NO HISTÓRICO DAS EXPEDIÇÕES.....	101
TABELA B.1 – ANÁLISE ABC DA TOTALIDADE DOS ARTIGOS.....	108
TABELA C.1 – PROJECT CHARTER ATUALIZADO.....	114

## Lista de Abreviaturas e Simbologia

<b>APCER</b>	Associação Portuguesa de Certificação
<b>BB</b>	<i>Black Belt</i>
<b>BQF</b>	<i>British Quality Foundation</i>
<b>CTQ</b>	<i>Critical to Quality</i>
<b>C<sub>p</sub></b>	Índice de capacidade potencial do processo
<b>C<sub>pk</sub></b>	Índice de capacidade do processo
<b>DFSS</b>	<i>Design for Six Sigma</i>
<b>DMADV</b>	<i>Define, Measure, Analyse, Design, Verify</i>
<b>DMAIC</b>	<i>Define, Measure, Analyse, Improve, Control</i>
<b>DPMO</b>	Defeitos por milhão de oportunidades
<b>FIFO</b>	<i>First in, First Out</i>
<b>GB</b>	<i>Green Belt</i>
<b>hEN</b>	Normas Europeias Harmonizadas
<b>ISO</b>	<i>International Organization for Standardization</i>
<b>JIT</b>	<i>Just-In-Time</i>
<b>MBB</b>	<i>Master Black Belt</i>
<b>MTO</b>	<i>Make to order</i>
<b>MTS</b>	<i>Make to stock</i>
<b>PDCA</b>	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
<b>ROSS</b>	<i>Return on Six Sigma</i>
<b>ROI</b>	<i>Return on Investment</i>
<b>SIPOC</b>	<i>Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers</i>
<b>SGGP</b>	Saint-Gobain Glass Portugal
<b>TPS</b>	<i>Toyota Production System</i>
<b>TQM</b>	<i>Total Quality Management</i>
<b>VA</b>	Valor acrescentado
<b>VNA</b>	Valor não acrescentado
<b>VOC</b>	<i>Voice of Customer</i>
<b>X</b>	Métrica de entrada ( <i>input</i> ) dos processos
<b>Y</b>	Métrica de saída ( <i>output</i> ) dos processos
<b>μ</b>	Média do processo
<b>Σ</b>	Desvio padrão do processo



# 1 INTRODUÇÃO

---

Neste capítulo inicial, será apresentado um enquadramento do tema bem como das áreas-chave envolvidas, os objetivos a serem atingidos, a metodologia de investigação desenvolvida e, por fim, a estrutura da presente dissertação.

## 1.1 Enquadramento

A conjuntura económica atual tem levado a que, por via da grande competitividade empresarial, organizações um pouco por todo o mundo procurem aumentar o seu desempenho e eficiência de produção, bem como reduzir custos, prazos, produtos defeituosos, ou qualquer outro tipo de desperdício que não acrescente valor. Nesta ótica, com o intuito de satisfazer os seus clientes e aumentar os níveis de qualidade organizacionais, as empresas industriais têm apostado fortemente na redução da variabilidade e no aumento do fluxo dos seus processos. Como tal, são muitas as organizações mundiais que têm vindo a apostar cada vez mais em práticas de melhoria contínua. Assim, as metodologias *Lean* e Seis Sigma têm sido duas das práticas mais utilizadas na procura das organizações em alcançar sucesso e vantagem competitiva.

O *Lean* baseia-se nos métodos desenvolvidos pela Toyota Motor Company, focando-se na eliminação de desperdício e na criação do fluxo dentro da cadeia de abastecimento. Assim, o correto dimensionamento de um sistema *Lean* permite às empresas uma resposta mais eficaz aos requisitos e necessidades dos seus clientes (Cudney & Kestle, 2010).

Por sua vez, o Seis Sigma é uma das possíveis abordagens que pode ajudar as organizações a permanecer no mercado, e fazer face à forte concorrência que se verifica. Segundo Mikel Harry (1998), o Seis Sigma foi inicialmente desenvolvido em 1986 por um engenheiro da empresa Motorola, como resposta à necessidade de melhorar a qualidade e reduzir os defeitos dos seus produtos eletrónicos. Contudo, segundo Yang & El-Haik (2003), somente em 1995, depois de a General Electric focar a sua estratégia de gestão na metodologia Seis Sigma é que esta se tornou verdadeiramente conhecida.

O Seis Sigma faz uso de métodos estatísticos e de princípios de gestão da Qualidade para melhorar os processos e os produtos através do ciclo Definir-Medir-Analisar-Melhorar-Controlar (DMAIC) (Tang, Goh, Lam, & Zhang, 2007). O seu foco é reduzir a variabilidade das características fundamentais dos produtos, para um nível em que as falhas ou defeitos sejam improváveis (Montgomery & Woodall, 2008).

Apesar de ambas as metodologias surtirem efeito quando aplicadas independentemente, é precisamente quando são utilizadas conjuntamente que se complementam, podendo gerar assim mais ganhos (Cudney & Kestle, 2010).

O Grupo Saint-Gobain é de acordo com a revista Forbes e na categoria das indústrias de materiais de construção a empresa mais bem classificada, com um maior volume de vendas e com lucros mais elevados (Forbes, 2013). Trata-se de uma empresa consolidada, presente em diversos países e que, dado o seu foco na satisfação dos clientes, tem vindo a ser pioneira na integração de diversas práticas de melhoria continua nas suas condutas organizacionais.

Assim, numa altura em que a crise económica e financeira tem vindo a abalar os mercados mundiais e face às dificuldades impostas pela mesma, o Grupo Saint-Gobain viu-se impelido em apostar cada vez mais em práticas de melhoria contínua de processos, tais como a metodologia *Lean Seis Sigma*.

## 1.2 Objetivos

A presente dissertação tem como primeiro objetivo caracterizar detalhadamente e por meio de um *roadmap* descritivo o método DMAIC, ciclo de apoio utilizado na aplicação da metodologia *Lean Seis Sigma* em projetos de melhoria contínua. Pretende-se deste modo apresentar um plano de ação auxiliador na implementação de qualquer tipo de projeto *Lean Seis Sigma*.

O segundo objetivo desta dissertação diz respeito a um caso de estudo, onde se pretende reduzir o nível de *stock* de produto acabado, com o intuito de aumentar a rotatividade do mesmo, diminuir o prazo de entrega aos clientes e consequentemente reduzir o valor financeiro inerente ao *stock* imobilizado.

O caso de estudo foi realizado dentro da multinacional francesa produtora de vidro plano, Saint-Gobain Glass Portugal (SGGP), mais concretamente na unidade fabril de Santa Iria de Azóia, sendo que teve como principal propósito implementar a metodologia de melhoria contínua *Lean Seis Sigma* na gestão de armazenagem, com o intuito de reduzir a variabilidade dos processos, eliminar as fontes de desperdício e ultimamente gerar benefícios económicos substanciais. Pretende-se com esta aplicação prática alcançar os seguintes objetivos:

- Reduzir o nível de *stock* de produto acabado no armazém de Santa Iria de Azóia;
- Reduzir o valor financeiro investido em *stock*;
- Reduzir o prazo de entrega dos produtos ao cliente e consequentemente o risco de rutura de *stock*;
- Aumentar o nível de qualidade Sigma do processo de classificação do nível de cobertura de *stock*;
- Identificar e eliminar as atividades desnecessárias de valor não acrescentado;
- Eliminar artigos fora do atual contexto comercial da empresa.

Para o efeito, será aplicado o ciclo DMAIC, um estruturado procedimento de resolução de problemas, comumente utilizado na Qualidade e na melhoria de processos. Seguindo as cinco etapas deste método de resolução de problemas, numa fase inicial será definido o problema que irá ser alvo de estudo para que posteriormente sejam propostas e implementadas as devidas melhorias.

A implementação deste ciclo será apoiada na utilização de várias técnicas e ferramentas da Qualidade, nomeadamente, Diagrama SIPOC, Diagrama de Pareto, Diagrama em Árvore, Diagrama de Causa-e-Efeito e Diagrama *Swim Lanes*. Com a aplicação das referidas ferramentas pretendem-se suprimir algumas causas de desperdício e melhorar as fontes de desempenho definidas.

### **1.3 Metodologia de investigação**

Após selecionada a temática do *Lean Seis Sigma* como objeto desta dissertação, foi realizada uma extensa pesquisa bibliográfica sobre o tema e suas envolventes, com o intuito de se obter uma visão detalhada acerca da metodologia, suas técnicas e ferramentas. Paralelamente, foram-se efetuando diversos contactos com o intuito de se tentar encontrar alguma empresa disponível e interessada em desenvolver um projeto de melhoria contínua.

Assim, durante a pesquisa bibliográfica e depois de várias tentativas surgiu a possibilidade de integrar o projeto *Lean Seis Sigma* que a empresa Saint-Gobain Glass Portugal (SGGP) iria aplicar na otimização do nível de *stock* do seu armazém de Santa Iria de Azóia.

Numa altura em que ainda decorria a investigação bibliográfica, a empresa providenciou ao aluno formação teórica na metodologia *Lean Seis Sigma* ao nível de *Green Belt*, formação que se veio a mostrar de extrema importância para o futuro desenvolvimento deste projeto.

Posteriormente iniciou-se o projeto *Lean Seis Sigma* na gestão de armazenagem. Dado que o problema tinha sido previamente identificado pela empresa, a metodologia de investigação utilizada na realização do caso de estudo dividiu-se na aplicação das cinco fases do método DMAIC, apoiadas pelas respetivas técnicas e ferramentas.

### **1.4 Estrutura da dissertação**

A dissertação foi dividida em cinco capítulos.

No primeiro capítulo é efetuado um pequeno enquadramento teórico do tema, definem-se os objetivos a atingir, bem como a metodologia utilizada para a realização da presente dissertação. Foi também definida a estrutura da mesma.

No segundo capítulo efetua-se uma revisão bibliográfica sobre os temas diretamente relacionados com esta dissertação, com o intuito de se entender a forma como este assunto foi abordado e analisado em estudos anteriores.

Num terceiro capítulo é apresentada uma descrição da empresa onde foi efetuado o presente caso de estudo. Expõem-se sucintamente a sua história, estrutura organizativa, ramos de atividade, tipo de produtos fabricados e processos utilizados.

O quarto capítulo será reservado para a implementação da metodologia *Lean Seis Sigma* no presente caso de estudo, tendo por base a aplicação do método DMAIC, bem como de algumas ferramentas provenientes destas duas iniciativas de melhoria contínua. Serão medidos e analisados os problemas

da empresa e posteriormente serão apresentadas e implementadas as devidas propostas de melhoria.

Por fim, o quinto e último capítulo apresenta as conclusões e sugestões finais, de acordo com os resultados obtidos. Posteriormente apresentam-se os anexos utilizados neste projeto.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

---

O presente capítulo tem como propósito apresentar uma revisão da literatura sobre a temática das metodologias *Lean* e Seis Sigma, desde as suas origens até aos desenvolvimentos mais recentes. Posteriormente abordar-se-á a complementaridade entre as duas metodologias, bem como algumas das ferramentas utilizadas na sua implementação. Será ainda caracterizado, por meio de um *roadmap* descritivo, o método DMAIC, ciclo de apoio à implementação do programa *Lean* Seis Sigma.

### 2.1 Lean

***“The goal of Lean Thinking is to create high quality, defect-free products and services at all stages of the customer experience, whilst using less capital, space and effort to produce this.”***

(BQF)

Numa abordagem de melhoria contínua de processos, diferenciar as atividades de valor acrescentado das atividades de valor não acrescentado tornou-se essencial com vista a facilmente identificarem-se e reduzirem-se as fontes geradoras de desperdício, ulteriormente responsáveis por grande parte dos custos de uma organização.

Recorrendo a diversas técnicas e ferramentas, o pensamento *Lean* visa criar um fluxo contínuo nas atividades, com o intuito de gerar valor segundo a perspetiva do cliente final.

#### 2.1.1 Evolução Histórica da produção Lean

Considerado como uma evolução ou uma alternativa aos até então existentes métodos de produção, o modelo de produção *Lean* (*Lean production*) tem sido alvo de intenso estudo nos últimos anos. Deste modo, a melhor maneira de conhecer a sua origem e entender os seus conceitos passa por compará-lo com os dois existentes métodos de produção: a produção artesanal (*craft production*) e a produção em massa (*mass production*).

O sistema de produção artesanal, que hoje em dia ainda subsiste em pequenos nichos de mercado, foi até ao início do século XX o modelo de produção utilizado na sociedade pré-industrial. Caracteriza-se pela sua flexibilidade e exclusividade, visto que trata de conceber um produto único, que vá de encontro aos desejos e necessidades do cliente. Porém, segundo Pascal (2007), o custo de produção é muito elevado, os volumes de produção são reduzidos e a qualidade dos produtos é imprevisível, visto que cada produto é um protótipo.

De maneira a superar este problema e com a intenção de produzir uma maior quantidade de automóveis ao menor custo possível, Henry Ford, fundador da Ford Motor Company, apoiou-se nas bases do *Taylorismo* previamente estabelecidas por Fred Taylor para desenvolver em 1913 a primeira linha de produção em série, que deu origem à produção em massa. Esta inovação

possibilitou que os operadores reduzissem o número de ações por cada montagem, que os custos de produção baixassem drasticamente e que o volume de vendas disparasse. Segundo Pascal (2007), antes do ano de 1920, o volume de vendas da Ford já teria atingido os 2 milhões de unidades por ano, sendo que por essa data, a empresa já conseguira reduzir os custos de produção em dois terços.

De acordo com Womack, Jones, and Roos (2007), o sucesso da produção em massa - que entre outros aspectos permitiu um aumento significativo na produtividade das organizações industriais - não foi devido à criação de linhas de produção, mas à permutabilidade de peças e à facilidade da sua montagem. Contudo, apesar dos benefícios tangíveis, a produção em massa veio posteriormente apresentar alguns problemas. Os operadores fabris não gostavam do seu trabalho, as políticas contratuais eram-lhes desfavoráveis, os sindicatos lutavam para tentar reduzir significativamente o número de horas de trabalho, no fundo, a parceria entre a organização e os seus colaboradores era reduzida (Pascal, 2007).

Este período de estagnação da produção em massa que se verificou tanto nos E.U.A. como na Europa poderia ter subsistido indefinidamente se não tivesse surgido no Japão, pelas mãos da Toyota Motor Company, um novo modelo de produção, posteriormente designado de *Lean Production*.

### **2.1.2 Toyota Production System**

Na origem do que hoje chamamos *Lean* está o *Toyota Production System* (TPS). Após a recessão que atingiu o Japão em 1974, em muito causada pela crise petrolífera, Taiichi Ohno, o pai e mentor do TPS, apercebeu-se que o modelo de produção em massa, desenvolvido nos E.U.A. e até então adotado pela Toyota deixara de ser rentável. Deste modo, segundo Liker (2004), a Toyota apercebeu-se que se reduzisse os *lead times* e concentrasse esforços em aumentar a flexibilidade das linhas de produção, conseguiria alcançar uma maior qualidade, uma maior produtividade e uma melhor utilização dos espaços e dos equipamentos fabris.

Deste modo, segundo Ohno (1988), com o intuito de criar um sistema de produção que pudesse superar o modelo de produção em massa, a Toyota Motor Corporation desenvolveu o TPS, cujo objetivo principal era produzir vários modelos de automóveis em pequenas quantidades. O TPS é um sistema de produção que assenta numa filosofia de redução completa de desperdícios, impregnando todos os aspetos da produção numa procura constante dos métodos mais eficientes.

Os principais objetivos deste sistema de produção são (Toyota Production System Basic Handbook, 2013):

- Desenvolver padrões de produção flexíveis para fazer face à procura de mercado;
- Reduzir custos através da eliminação de desperdício e consequentemente maximizar os lucros;
- Proporcionar qualidade nos produtos e serviços prestados ao cliente;
- Desenvolver o potencial dos colaboradores com base no respeito mútuo e na cooperação.

O TPS recebeu uma grande atenção quando John Krafcik do *Massachusetts Institute of Technology* publicou os resultados do sistema e posteriormente o apelidou de produção *Lean*, uma vez que este utilizava menos recursos, tempo, espaço, investimento e mão de obra, comparativamente com o modelo de produção em massa (Womack et al., 2007).

Porém, vários estudos indicam que algumas empresas falharam em alcançar os êxitos desejados ao pensarem que adotar as diversas ferramentas da Toyota era suficiente. Na verdade, as empresas devem reconhecer que existem certos métodos e princípios subjacentes ao TPS (Jayaram, Das, & Nicolae, 2010).

Até à data, a visão baseada na produção automóvel era a principal desvantagem do modelo de produção *Lean*. Contudo, a partir de 1990 verificou-se uma expansão gradual dos conceitos do *Lean* até outras áreas das organizações que não a indústria. Foi desta evolução que surgiu através de James Womack e Daniel Jones o conceito de pensamento *Lean* e todos os seus princípios subjacentes, que vieram posteriormente apoiar e orientar as ações dos gestores na implementação diária do *Lean* nos diversos sectores das organizações (Hines, Holweg, & Rich, 2004).

De acordo com Shah, Chandrasekaran, and Linderman (2008), o conceito *Lean* pode também ser considerado como uma filosofia, visto que, a sua implementação é feita através de um conjunto de práticas, atividades, técnicas e ferramentas que visam a melhoria contínua das organizações.

#### 2.1.2.1 Pilares do Toyota Production System

A forma mais adequada de entender o funcionamento do TPS passa por analisar as características da sua estrutura. Esta assenta na universalmente denominada “casa TPS”, que por sua vez se apoia em dois pilares fundamentais: o *Just-In-Time* (JIT) e o *Jidoka*; a sua base é o *Kaizen* e o Trabalho padronizado (Figura 2.1).

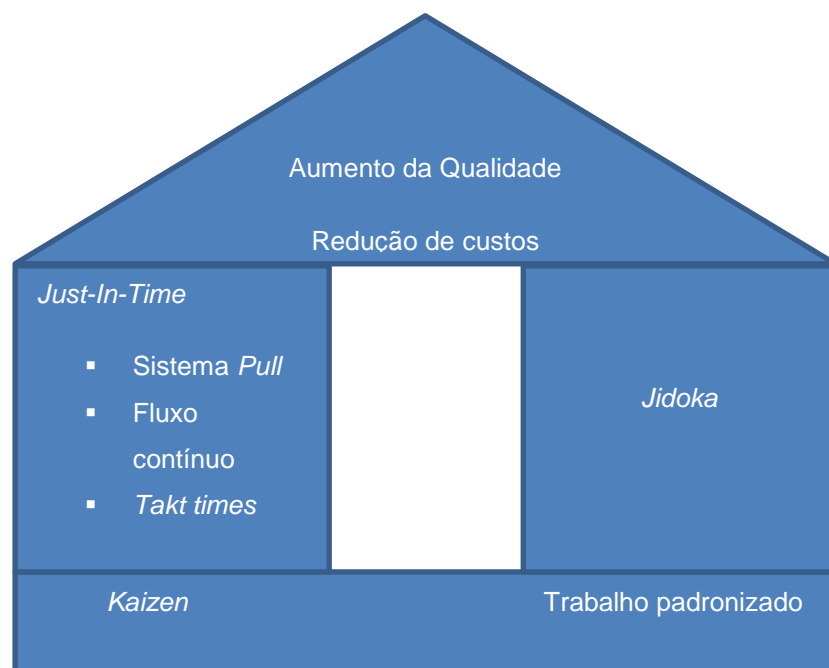


Figura 2.1 - Casa do Toyota Production System

(Fonte: adaptado de Liker, 2004)

## ***Just-In-Time***

A filosofia *Just-In-Time* (JIT) defende que se devem produzir e entregar somente os componentes necessários, no período de tempo adequado, na quantidade necessária e utilizando o menor número de recursos possível.

Relativamente à indústria, um sistema JIT significa que após a chegada de matérias-primas, estas fluem diretamente para os equipamentos com vista a serem processadas, convertendo-se em produtos em vias de fabrico, e por meio de atividades de valor acrescentado, transformam-se em produtos acabados no momento exato em que o cliente as necessita (Summers, 2011).

O JIT visa encontrar o equilíbrio entre *stocks* excessivos e situações de rutura de *stock*. Apresenta vantagens ao nível da redução dos tempos de ciclo, redução do nível de *stocks* e eliminação das atividades de valor não acrescentado (Summers, 2011). Os três elementos essenciais da sua implementação são:

- I) **Sistema *Pull*:** o sistema *pull* é um sistema de produção que utiliza a procura apresentada pelos clientes como principal motor para o planeamento da produção (Boyer & Verma, 2009). A abordagem *pull* depende das encomendas dos clientes para fazer movimentar os seus produtos através da cadeia de abastecimento, em vez de “empurrar” os mesmos para o mercado, de modo a maximizar o uso dos recursos de produção (Coyle, Langley, Gibson, Novack, & Bardi, 2008). Significa que as matérias-primas ou lotes de produção não se movimentam até que a operação a jusante esteja em vias de ser iniciada.  
Um dos principais atributos do sistema *pull* é a sua facilidade em responder a mudanças súbitas na procura, uma vez que somente se produz com base em encomendas firmes (Coyle et al., 2008). Segundo Hyer and Wemmerlöv (2002), o sistema *pull* apresenta ainda vantagens ao nível da redução de *stocks* e da estabilização dos tempos de ciclo.  
De modo a controlar o fluxo de materiais, bem como as operações logísticas e de produção, é essencial aplicar um sistema *kanban*. Trata-se de um cartão que contém toda a informação necessária à produção de um determinado artigo (Kumar & Panneerselvam, 2007). É essencialmente um sistema de encomendas, segundo o qual, o utilizador de um determinado material sinaliza o fornecedor quando esse material for novamente necessário (Cimorelli, 2013).
- II) **Fluxo Contínuo:** seguramente o conceito do *Lean* que mais se opõe ao modelo de produção em massa. Com o intuito de melhorar a eficácia e a eficiência de toda a cadeia de abastecimento, os produtos passaram a ser processados e movimentados um de cada vez, criando assim fluidez nos processos, o que possibilita reduzir os tempos de ciclo e o nível de *stocks* (Melton, 2005).
- III) **Adesão aos *takt times*:** o *takt time* representa a taxa a que um processo deverá produzir um determinado artigo de modo a satisfazer a procura apresentada pelos clientes.

O *takt time* é baseado nos requisitos dos clientes, visto que representa o tempo destinado para a produção de um artigo tendo em conta a taxa de procura por parte dos clientes (2.1).

$$Takt\ time = \frac{\text{Tempo de trabalho disponível por dia}}{\text{Taxa de procura do produto por dia}} \quad (2.1)$$

A ideia subjacente a este conceito será a de igualar o tempo que a organização leva a fabricar o produto, com a taxa de procura dos clientes, de modo a que o processo esteja balanceado (Center for the Advancement of Process, 2011).

### **Jidoka**

O segundo pilar do TPS é o *Jidoka*. Usualmente referido como “automação com um toque humano”, trata-se de um mecanismo desenvolvido por Sakichi Toyoda, utilizado para suspender automaticamente a produção logo que for detetado algum problema, permitindo deste modo tratar imediatamente dos problemas, prevenindo que sejam gerados artigos defeituosos (Obara & Wilburn, 2012).

Os sistemas de controlo visual, como luzes, alarmes ou sinais sonoros são usualmente utilizados no *Jidoka* como meio de informação para a existência de problemas emergentes, de modo a que ações corretivas possam ser tomadas (Summers, 2011).

De acordo com Hinckley (2007), o *Jidoka* baseia-se nos seguintes atributos:

- O trabalho do operador e dos equipamentos fabris deve ser diferenciado;
- Os operadores e os equipamentos fabris trabalham independentemente;
- O *setup*, carga e descarga dos equipamentos fabris deverá ser à prova de qualquer equívoco.

Deste modo, a finalidade do *Jidoka* é atingir a marca dos zero defeitos, isto é, nunca deixar passar produtos defeituosos para jusante, eliminando o risco de o cliente vir a receber um artigo defeituoso não detetado previamente (Kremer & Fabrizio, 2005) .

A vantagem em adotar o *Jidoka* deve-se ao facto de este separar o trabalho humano do trabalho dos equipamentos, permitindo que os operadores sejam libertados para realizar atividades de valor acrescentado, em vez de ficarem a assistir aos equipamentos a trabalhar. Segundo (Black, 2008), a implementação do JIT e do *Jidoka* em paralelo contribui significativamente para a melhoria contínua dos sistemas de produção.

### **Trabalho padronizado**

O trabalho padronizado tem como finalidade encontrar a melhor maneira de executar uma tarefa, partilhar o conhecimento entre operadores e melhorar continuamente o padrão de trabalho, propondo que estes, a fim de serem melhorados, devam ser alterados sempre que assim for necessário (Goldsby & Martichenko, 2005).

Os procedimentos do trabalho padronizado definem a sequência de trabalho a ser repetida, a fim de se alcançarem níveis de segurança, qualidade e produtividade elevados. Garantem também que, todos aqueles que realizam uma determinada operação irão fazê-lo corretamente, com as ferramentas adequadas e com os materiais apropriados. Fundamentalmente:

- Fornece um método padronizado para realizar o trabalho da maneira mais eficiente;
- Serve de base para os eventos e atividades *Kaizen*.

Segundo Dolcemascolo (2006), num posto de trabalho cada operador deve ter acesso a um quadro com as seguintes informações:

- Detalhe das operações a executar;
- Representação gráfica de como e quando desempenhar as operações;
- *Takt times*;
- Tempos padrão de cada operação a executar.

De acordo com Martin and Bell (2011), o trabalho padronizado pode ser considerado como o método mais eficiente de realizar um trabalho dado que visa maximizar o nível de qualidade empresarial.

### ***Kaizen***

O *Kaizen* foi apresentado pela primeira vez como um conceito único por Masaaki Imai e refere-se à procura contínua pela melhoria (Summers, 2011). Reconhecido como um dos princípios fundamentais do sistema de produção desenvolvido pela Toyota, em Japonês, o termo *kai* significa “mudança” e o termo *zen* significa “para melhor”.

A implementação do *Kaizen* dentro das organizações pode ser efetuada por meio dos denominados eventos *Kaizen* - pequenos projetos focados em melhorar substancialmente as atividades de uma determinada área de trabalho (Farris, Aken, Doolen, & Worley, 2009). Normalmente estes eventos decorrem num período de cinco dias, iniciando-se com uma formação, prosseguindo depois para a análise da área de trabalho e a implementação das devidas melhorias (Summers, 2011).

De acordo com Summers (2011), os eventos *Kaizen* podem tomar duas formas:

- I) *Kaizen* de fluxo – este tipo de eventos estuda a cadeia de valor associada ao fornecimento de um determinado produto ou serviço;
- II) *Kaizen* de processo – este tipo de eventos foca-se em reduzir os desperdícios associados a cada atividade.

Contudo, apesar de apresentar diversas características, o *Kaizen* assenta em duas noções fundamentais (Brunet & New, 2003):

- O *Kaizen* é contínuo, dada a sua natureza de procura constante pela qualidade e eficiência;

- Os eventos *Kaizen* são participativos, o que implica o envolvimento, a criatividade e o *know-how* de todos os intervenientes, gerando assim benefícios no trabalho diário dos colaboradores.

Muitas vezes utilizado em conjunto com o *Lean* (Glover, Farris, Aken, & Doolen, 2011), as empresas aplicam projetos *Kaizen* com o intuito de alcançarem melhorias em termos da qualidade, segurança, custos e produtividade (Summers, 2011).

### 2.1.3 Pensamento Lean e seus Princípios

O conceito de *Lean Thinking* foi inicialmente apresentado pelos autores James Womack e Daniel Jones no livro com o mesmo nome, com o intuito de demonstrar que o *Lean* não era uma técnica ou filosofia simplesmente aplicável à indústria automóvel, mas extensível a qualquer área de negócio.

O pensamento *Lean* começa com o cliente e a definição daquilo que acrescenta valor segundo os critérios do mesmo. A eliminação de desperdício é um fator preponderante, contudo, para uma organização ser apelidada de *Lean enterprise*, necessita de acima de tudo, garantir o fluxo de valor (Melton, 2005). Deste modo, atividades de valor não acrescentado como tempos de inatividade, retrabalho, esperas ou inspeções deverão ser reduzidas ou eliminadas.

Neste contexto, Chen, Li, & Shady (2008) referem, do ponto de vista do cliente que se devem considerar três tipos distintos de atividades: I) as atividades de valor acrescentado (VA), II) as atividades de valor não acrescentado (VNA) e III) as atividades necessárias de valor não acrescentado, de tal modo que:

- I) **Atividades de valor acrescentado (VA):** atividades que aumentam o valor de um produto ou serviço e que ulteriormente apresentam custos que os clientes estejam dispostos a pagar (Kimmel, Weygandt, & Kieso, 2008). Uma atividade acrescenta valor se (Saint-Gobain Glass, 2011):
  - 1) Modificar fisicamente o produto;
  - 2) For executada corretamente à primeira vez;
  - 3) O cliente valorizar o passo a ser desempenhado.
- II) **Atividades de valor não acrescentado (VNA):** atividades que, na perspetiva do cliente externo e do cliente interno, não adicionam valor ao produto ou serviço. Devem ser eliminadas por originarem as denominadas fontes de desperdício (Hansen, Mowen, & Guan, 2009).
- III) **Atividades necessárias de valor não acrescentado:** atividades essenciais num negócio, que não podem ser completamente eliminadas mas devem ser simplificadas, de modo a se reduzam os tempos e os recursos envolvidos. Um exemplo deste tipo de atividades é a inspeção de produtos (Chen et al., 2008).

Os conceitos acima descritos podem facilmente ser constatados por observação da Figura 2.2.

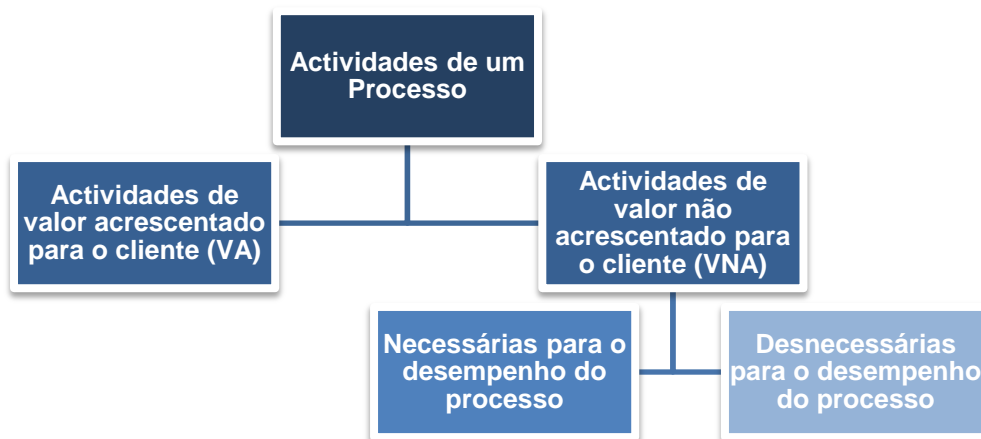


Figura 2.2 - Distintos tipos de atividades segundo a perspetiva do cliente  
(Fonte: adaptado Saint-Gobain Glass, 2011)

Assim, Womack and Jones (2003) propõem que o pensamento *Lean* deva assentar em cinco princípios fundamentais: i) especificar valor, ii) identificar a cadeia de valor, iii) fluxo, iv) sistema *pull* e v) perfeição.

- I) **Especificar valor:** O valor é criado pelo produtor, mas só pode ser definido pelo cliente final. Refere-se a tudo aquilo que importa para o consumidor e é somente significativo quando expresso em termos de um produto específico (bem ou serviço) que satisfaça as necessidades dos clientes, a um determinado preço e numa determinada altura. Diferentes clientes poderão pretender produtos com distintas características. O desafio para o fabricante será o de desenvolver um portefólio de produtos com base nas diversas proposições de valor.

De acordo com Hines et al. (2004) , existem duas formas de alcançar valor:

- Valor é criado se os desperdícios internos de uma organização forem eliminados, de modo que as atividades de valor não acrescentado e os custos sejam reduzidos, aumentando deste modo a proposição de valor;
- Valor também pode ser alcançado se, serviços adicionais que sejam especialmente valorizados pelo cliente forem oferecidos.

- II) **Identificar a cadeia de valor:** A cadeia de valor é o conjunto de todas as ações necessárias para levar um produto específico (quer seja um bem, um serviço, ou uma combinação dos dois) através das atividades de gestão mais críticas que vão desde a conceção e *design* do produto, passando pelo planeamento, produção e entrega ao cliente. Trata portanto de vincular as atividades que em última análise agregam valor ao cliente.

Identificar e mapear a cadeia de valor para cada produto é um dos passos fundamentais do pensamento *Lean*, um passo a que raramente as empresas dão atenção, mas que pode ajudar a identificar as fontes de desperdício.



- III) **Fluxo:** Para se entender o conceito de fluxo, ter-se-á primeiramente de identificar e mapear a cadeia de valor. Após este passo, será possível constatar quais são as atividades que realmente acrescentam valor, sendo que tudo o resto pode ser considerado desperdício. Eliminar esse desperdício garante que o fluxo de produtos para o cliente decorra sem qualquer espera ou interrupção.
- IV) **Sistema *pull*:** É a capacidade de planejar e produzir exatamente aquilo que o cliente quer, quando o cliente quer. Significa deixar que o cliente “puxe” os produtos que deseja em vez de ser a organização a “empurrar” produtos muitas vezes indesejados para os seus clientes. A este modelo de produção pode também denominar-se de *make to order* (MTO).

Este tipo de sistemas requer a adoção dos três princípios anteriores e é concebido com o intuito de se alcançar a qualidade organizacional, a pontualidade nos prazos de entrega e o menor custo possível dos produtos ou serviços, atendendo assim às necessidades dos clientes (Salman Taghizadegan, 2006).

- V) **Perfeição:** À medida que as organizações começam a aplicar com precisão os princípios anteriormente descritos apercebem-se que, o processo de eliminar desperdícios, tal como espaços, tempos, defeitos e custos, não tem fim. É com este intuito que surge o último princípio do pensamento *Lean*: a perfeição.
- O pensamento *Lean* tem em vista zero desperdício, que só será alcançado se se mantiver o contacto constante com o cliente, de forma a encontrar as melhores maneiras de especificar valor e consequentemente melhorar o fluxo.

Como se pode constatar pela Figura 2.3, os quatro primeiros princípios visam alcançar a perfeição.



Figura 2.3 - Os cinco princípios do pensamento *Lean*  
(Fonte: adaptado de Taghizadegan, 2010)

#### 2.1.4 Fontes de desperdício

No processo de definição do *Lean* e do TPS é incessante procura dos mesmos pela melhoria contínua, é fundamental compreender-se o conceito da eliminação completa de desperdício. Segundo Melton (2005), qualquer atividade que seja parte integrante de um processo e que não acrescente valor segundo os critérios do cliente deve ser considerada desperdício. Por vezes, o desperdício é um mal necessário do processo, quando este resulta de atividades de valor não acrescentado, mas ainda assim necessárias. De outro modo, todo o “*muda*”, nome utilizado pelos Japoneses para designar desperdício, deve ser eliminado.

Deste modo, de acordo com Liker (2004), a Toyota identificou as sete principais fontes de desperdício como sendo:

- I) **Sobreprodução:** Ocorre quando se fabrica uma quantidade de produtos consideravelmente superior à procura dos mesmos ou quando não se segue o princípio do JIT e se produz cedo de mais. As razões desta fonte de desperdício prendem-se geralmente com a produção de lotes de excessivas dimensões, os reduzidos tempos de *setup* ou a necessidade de produzir para fazer face aos artigos defeituosos.

As principais consequências verificadas são:

- Aumento dos *stocks* armazenados;
- Redução na flexibilidade de produção;
- Aumento de custos indiretos, tais como inspeções e transportes.

Segundo Chiarini (2012) trata-se da principal fonte de desperdício, uma vez que pode ajudar a encobrir outros problemas existentes na organização.

- II) **Excesso de *stocks*:** O nível excessivo de *stocks* é uma consequência típica da sobreprodução nas empresas. O excesso de matérias-primas, produtos acabados ou produtos em vias de fabrico resulta num aumento dos tempos de aprovisionamento, dos custos de transporte e armazenamento, bem como no risco de obsolescência dos produtos acabados. A solução passa por aumentar a flexibilidade e a capacidade de resposta das organizações e dos seus fornecedores (Dudbridge, 2011).
- III) **Tempos de espera:** Todo o tempo em que não esteja a ser acrescentado valor a um produto, deve ser considerado desperdício. Operadores à espera de ferramentas, da manutenção de equipamentos, ou a assistir a equipamentos fabris a trabalhar simplesmente à espera que estes terminem a sua função, são tempos desperdiçados.

Segundo Dudbridge (2011), o tempo não produtivo resulta também num desperdício de todos aqueles recursos que têm de ser pagos, como os salários dos trabalhadores, a energia elétrica e os restantes custos fixos.

- IV) **Transportes desnecessários:** o transporte de produtos em vias de fabrico dentro das instalações fabris ou a ineficiente movimentação de matérias-primas ou produtos acabados para dentro ou fora do armazém deverá ser eliminado.

Segundo Center for the Advancement of Process (2011), o transporte de materiais é considerado um desperdício visto que, durante esse tempo, não está a ser acrescentado valor ao produto final.

- V) **Processamentos excessivos ou incorretos:** cada passo ou atividade que não acrescente valor ao produto é considerado desperdício. Processamentos ineficientes devido à utilização de ferramentas inadequadas ou graças ao *design* inapropriado de produtos podem levar a que surjam defeitos.
- VI) **Movimentações desnecessárias:** qualquer movimentação que o operador seja obrigado a fazer no decurso do seu trabalho tal como alcançar uma ferramenta, empilhar artigos ou mesmo movimentar-se ao longo da unidade fabril deverá ser considerada desperdício.
- VII) **Defeitos:** A produção de artigos defeituosos gera desperdícios de tempo, materiais e dos recursos utilizados na conceção desses produtos. Será portanto necessário recorrer à inspeção, reparação ou retrabalho dos produtos defeituosos, o que por sua vez, leva ao consumo de ainda mais tempo e recursos (Center for the Advancement of Process, 2011).

Contudo, com o passar dos anos, diversos autores têm vindo a enfatizar a existência de um oitavo desperdício, mais concretamente:

- VIII) **Subaproveitamento dos colaboradores:** as organizações raramente aproveitam certas capacidades dos seus colaboradores como a experiência, inteligência ou a criatividade. Uma vez que o *Lean* envolve todos os colaboradores de uma organização, então, todos os intervenientes desde os operadores fabris aos gestores de topo devem estar envolvidos nas atividades de melhoria contínua. A eliminação da oitava fonte de desperdício passa então por uma correta implementação da filosofia *Lean* (Dolcemascolo, 2006).

Deste modo, de acordo com Rawabdeh (2005), as sete primeiras fontes de desperdício podem por sua vez inserir-se em três grupos distintos: Homem, Máquina e Material. Na categoria Homem, estão inseridas as movimentações, as esperas e a sobreprodução. Por sua vez, na categoria Máquina inserem-se os processamentos excessivos ou incorretos, a sobreprodução e os defeitos. Por fim, na categoria Material estão inseridos os transportes desnecessários, os *stocks* excessivos e os defeitos. Por observação da Figura 2.4 podem verificar-se as classificações acima descritas.

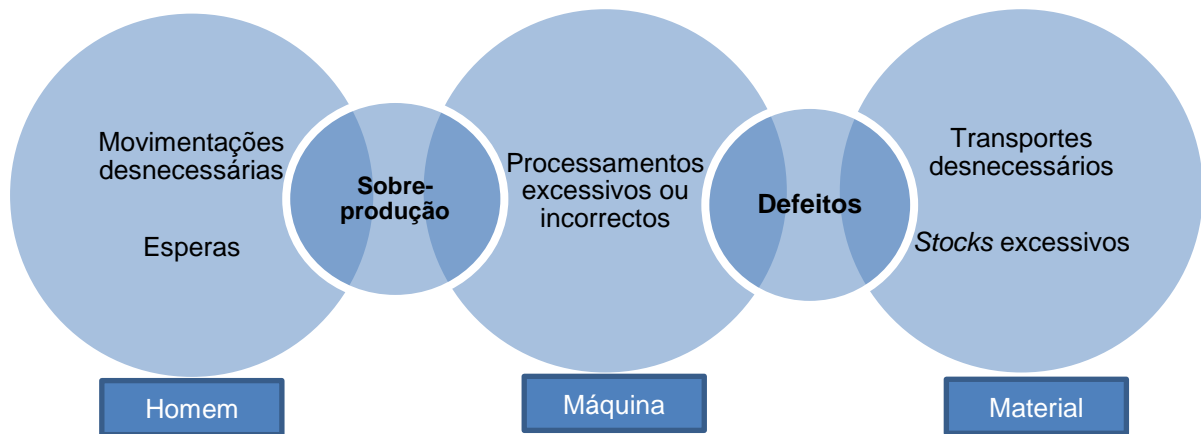


Figura 2.4 - As três distintas categorias de desperdício  
(Fonte: adaptado de Rawabdeh, 2005)

## 2.2 Seis Sigma

***“Organizations use Six Sigma to identify and eliminate costs that provide no value to customers. They analyze their process to find out where and how defects occur, measure them and eliminate the problem areas.” (BQF)***

A Qualidade tornou-se parte essencial da estratégia de gestão de uma empresa, independentemente do tipo de ramo ou atividade. Assim, melhorar a Qualidade tornou-se prioritário dentro de grande parte das organizações mundiais.

O Seis Sigma é uma abordagem, orientada para a melhoria da Qualidade das organizações, com o intuito de reduzir a variabilidade, remover defeitos e eliminar desperdício nos produtos e nos processos.

### 2.2.1 A origem do Seis Sigma

No final da década de 1970 e devido aos indícios de insatisfação dos seus clientes, Bob Galvin, o CEO da Motorola, conclui que a organização estava em risco de ser ultrapassada pelas empresas Japonesas em termos de Qualidade. Assim, em 1980 decidiu transformar a satisfação total dos seus clientes no objetivo fundamental da sua empresa, tendo estabelecido a meta de melhorar em dez vezes o desempenho dos processos produtivos nos cinco anos vindouros. Para tal recorreu à ajuda de especialistas na área da Qualidade como Joseph Juran e Dorian Shainin (Park & Asian Productivity, 2003).

No final de 1986, a Motorola tinha investido 220.000 US dólares, tendo alcançado uma redução de custos em cerca de 6.4 milhões de US dólares. Os benefícios intangíveis incluíam melhorias ao nível da satisfação dos clientes, bem como um aumento da motivação dos colaboradores. Contudo, apesar

de todos os esforços, a Motorola continuava a deparar-se com a grande competitividade das empresas Japonesas (Park & Asian Productivity, 2003).

Estando a par das dificuldades que a Motorola atravessava, Bill Smith e Mikel Harry, engenheiros da área da produção, criaram na década de 1980 as estatísticas e fórmulas que foram o início da cultura Seis Sigma. O programa Seis Sigma foi inicialmente desenvolvido para responder à constante necessidade de melhorar a qualidade, com o intuito de reduzir o número de defeitos dos produtos (Montgomery & Woodall, 2008).

De acordo com Park and Asian Productivity (2003), em Janeiro de 1987 foi finalmente lançada a nova e visionária iniciativa da Motorola, com especial ênfase nos seguintes objetivos:

- Melhorar a qualidade dos produtos e dos serviços em 10 vezes até 1989;
- Alcançar uma melhoria de processos pelo menos 100 vezes superior até 1991;
- Alcançar o nível 6 Sigma até 1992.

Para garantir que a organização poderia alcançar as metas propostas, cerca de 50 milhões de US dólares foram investidos anualmente.

Um fator preponderante no sucesso desta metodologia foi o extenso regime de formação em Seis Sigma de que os colaboradores foram alvo. Para isso foi criada em Março de 1988 a Universidade Motorola. Tratava-se de um centro de formação que tinha por finalidade lecionar um curso em como implementar a metodologia Seis Sigma. Dentro de poucos meses as equipas estavam aptas a iniciarem projetos de melhoria contínua (Breyfogle, Cupello, & Meadows, 2000).

Segundo Breyfogle et al. (2000), Bob Galvin, o CEO da Motorola ficou tão impressionado com os seus sucessos prematuros que rapidamente ordenou que o programa Seis Sigma se tornasse no principal foco da empresa. O resultado foi uma cultura da Qualidade, presente em toda a organização da Motorola, que os conduziu a um período de crescimento e de vendas sem precedentes.

A implementação do programa Seis Sigma foi de tal modo bem-sucedida que, entre os anos de 1987 e 1993, a Motorola conseguiu reduzir o número de defeitos dos seus semicondutores em cerca de 94% (Godfrey, 2002). Os resultados em termos da redução da variabilidade dos processos levaram também, entre a década de 1987-1997, a um aumento da produtividade de 204% (Park & Antony, 2008).

### **2.2.2 Evolução Histórica do Seis Sigma**

No seguimento dos sucessos apresentados pela empresa multinacional Norte-Americana Motorola, na década de 1990, algumas empresas eletrónicas como a IBM, DEC e a Texas Instruments adotaram o programa Seis Sigma. Contudo, somente a partir de 1995, depois de a General Electric (GE) o tornar no foco central da sua estratégia de negócios, é que este se tornou verdadeiramente popular (Yang & El-Haik, 2003).

Paralelamente aos casos de sucesso da Motorola e da GE, em 1994, a Asea Brown Boveri (ABB), uma empresa Suíço-Sueca especializada em tecnologia, tornava-se a primeira multinacional Europeia a introduzir o Seis Sigma. Os casos de sucesso na implementação do Seis sigma dentro desta empresa não se limitaram somente à área da produção. Foram igualmente verificados casos de sucesso dentro da área da contabilidade. Começavam-se então deste modo a verificar casos de sucesso também na área dos serviços.

No início de 1997, a Samsung e o Grupo Lucky Goldstar (LG) introduziram o Seis Sigma nas suas organizações. Os resultados foram surpreendentemente positivos. A Samsung SDI, uma das empresas sob a tutela do Grupo Samsung reportou que a redução de custos devido à implementação de projetos Seis Sigma atingira os 150 milhões de US dólares (Park & Asian Productivity, 2003).

A experiência da Motorola, seguida dos casos da GE e da extinta Allied Signal geraram grande interesse no programa Seis Sigma e a metodologia tornou-se o centro das atenções para muitos Presidentes executivos e diretores da Qualidade, numa época em que, as críticas relativamente à eficiência da Norma ISO 9000 eram crescentes (Breyfogle, 2003).

Em 2002 a DuPont, uma empresa Norte-Americana do ramo químico, inicia aquela que é denominada como a 3ª geração do Seis Sigma. Trata-se fundamentalmente de uma geração estratégica, que consiste na criação de valor para todos os membros que anteriormente não lucravam com a implementação da metodologia, propondo o alargamento aos fornecedores, clientes, acionistas, entre outros.

Assim, desde a sua origem, existiram três gerações de como implementar o Seis Sigma. A 1ª Geração foi inicialmente aplicada na indústria e focava-se na eliminação de defeitos e na redução da variabilidade. Na 2ª Geração manteve-se a importância da redução dos defeitos e da variabilidade, contudo fez-se um grande esforço em ligar estas métricas de desempenho a qualquer projeto e atividade que melhorasse o desempenho da empresa. A GE é normalmente citada como a líder desta 2ª Geração. Numa 3ª Geração, o Seis Sigma foi implementado de maneira a criar valor ao longo de toda a organização (gestores, colaboradores, fornecedores e clientes) (Hahn, Doganaksoy, & Hoerl, 2000). Esta terceira e última geração continua em evolução, verificando-se que são cada vez mais as empresas que têm vindo a aderir a esta metodologia. Na Tabela 2.1 apresenta-se um resumo das três gerações da metodologia Seis Sigma.

Desde o ano de 1980 que a metodologia Seis Sigma tem sido uma aposta de sucesso de diversas organizações mundiais. Pela Figura 2.5 é possível constatar algumas das empresas que têm vindo a implementar esta metodologia.

### **2.2.3 Definição de Seis Sigma**

Pande, Neuman, & Cavanagh (2000) definem o Seis Sigma como sendo um sistema abrangente e flexível que tem o intuito de alcançar e maximizar o sucesso empresarial. É impulsionado por um forte conhecimento das necessidades dos clientes, por um uso disciplinado dos dados, por uma análise estatística e uma diligente atenção à gestão, melhoria e reinvenção dos processos de negócio.

Por sua vez, Pyzdek (2003) refere que o Seis Sigma trata de uma implementação rigorosa e altamente efetiva de comprovados princípios e técnicas da gestão da qualidade que têm em vista atingir um desempenho empresarial livre de erros.

Tabela 2.1 - As três gerações da filosofia Seis Sigma

(Fonte: adaptado de Bairrão, 2010)

	1ª Geração	2ª Geração	3ª Geração
<b>Período</b>	1986 - 1993	1994 - 2001	2002 - Presente
<b>Origem</b>	Motorola	GE e Allied Signal	DuPont
<b>Ótica</b>	Redução do número de defeitos dos produtos e da variabilidade dos processos	Redução de custos e aumento da produtividade, eficiência e eficácia	Geração de valor ao longo das organizações
<b>Conceito</b>	Metodologia de melhoria da Qualidade	Sistema de gestão organizacional	Sistema estratégico
<b>Áreas de aplicação</b>	Produção e montagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produção e montagem</li> <li>• Serviços</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produção e montagem</li> <li>• Serviços</li> <li>• Atividades de inovação e marketing</li> <li>• Fornecedores, clientes e acionistas</li> </ul>

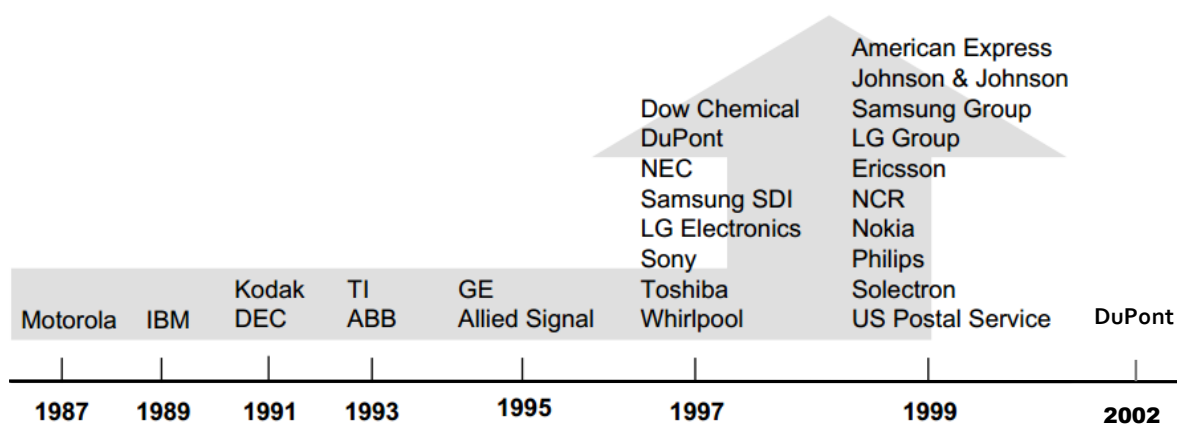


Figura 2.5 - Organizações Seis Sigma mundialmente conhecidas

(Fonte: adaptado de Sung Park, 2003)

Linderman, Schroeder, Zaheer, & Choo (2003) definem Seis Sigma como sendo um método organizado e sistemático para a melhoria estratégica de processos, produtos e serviços, que se baseia em métodos estatísticos e científicos, com o intuito de alcançar reduções nas percentagens de defeitos. Trata-se portanto de uma metodologia que visa a excelência operacional de uma organização, através da melhoria contínua de todos os seus processos.

Forrest W. Breyfogle et al. (2000) afirmam que é possível definir o Seis Sigma como uma estratégia organizacional altamente quantitativa que, com o uso de ferramentas estatísticas, tem por objetivo

melhorar a eficiência e a eficácia da organização, com o intuito de melhorar a Qualidade dos produtos e aumentar a satisfação dos clientes.

Contudo, segundo Perez-Wilson (1999) o programa Seis Sigma deve ser entendido de uma forma mais ampla:

- **A escala:** É usada para medir o nível da qualidade associado a um processo, transformando a quantidade de defeitos por milhão de oportunidades (DPMO) num número da escala Sigma, sendo que, quanto maior o valor da escala Sigma, maior será o nível da Qualidade;
- **A estatística:** O Seis Sigma é uma estatística calculada com o intuito de avaliar o desempenho das características críticas da Qualidade em relação às especificações do processo;
- **A estratégia:** Seis Sigma é uma estratégia de gestão organizacional e melhoria de processos. Não se trata simplesmente de implementar o programa Seis Sigma, mas de institucionalizá-lo como uma maneira de gerir o negócio;
- **A filosofia:** O Seis Sigma é uma filosofia de melhoria contínua de processos, de redução da variabilidade e de constante procura de zero defeitos;
- **A meta:** O principal objetivo do Seis Sigma é chegar muito próximo dos zero defeitos ou falhas – 3,4 defeitos por cada milhão de oportunidades (DPMO);
- **A visão:** O programa Seis Sigma tem como visão levar a organização a ser a melhor do seu ramo;
- **O Benchmark:** Utilizado para comparar o nível da Qualidade de processos, produtos, serviços e operações relativamente às melhores empresas do setor e utilizar essa informação para delinear novas metas e estratégias. Permite às organizações avaliar os seus pontos fortes e pontos fracos no que diz respeito às suas atividades.

Contudo, diversos investigadores descrevem o programa como sendo uma metodologia de resolução de problemas e afirmam que se trata de uma iniciativa de mudança cultural de modo a posicionar as empresas num patamar onde garantam a satisfação do cliente, o aumento dos lucros e da competitividade (Hahn, Hill, Hoerl, & Zinkgraf, 1999);(Harry & Schroeder, 2000).

Fundamentalmente (Dedhia, 2005):

- O Seis Sigma depende do comprometimento da equipa de gestão de topo;
- Os projetos e todas as restantes iniciativas estão alinhados com os objetivos estratégicos da organização;
- Os colaboradores estão devidamente habilitados e abordam os problemas proactivamente ao invés de reactivamente;
- O Seis Sigma é uma metodologia de resolução de problemas que faz uso de ferramentas de gestão;
- O Seis Sigma esforça-se por alcançar melhorias ao nível da satisfação dos clientes, reduzir o número de defeitos e reduzir o tempo de ciclo.



Em última análise, o Seis Sigma, se implementado corretamente irá gerar ganhos de conhecimento sem precedentes, que se traduzirão diretamente em resultados financeiros, os denominados *bottom line results* (Breyfogle et al., 2000).

### **2.2.3.1 Seis Sigma como medida estatística e como métrica**

O sigma ( $\sigma$ ) é uma letra do alfabeto Grego que é tradicionalmente utilizada estatisticamente para designar o desvio padrão, uma medida da variabilidade dos processos.

A variabilidade é inimiga da Qualidade e constitui uma das principais causas de defeitos dentro das empresas. Diz respeito à proximidade entre os valores medidos no processo com o valor-alvo. O Seis Sigma esforça-se precisamente em reduzir a variabilidade referente às características fundamentais da qualidade dos produtos, de modo a que, os limites de especificação, que são determinados através das necessidades dos clientes, distem de pelo menos seis desvios padrão da média do processo (Montgomery & Woodall, 2008).

Deste modo, no curto prazo, um processo caracterizado por uma Distribuição Normal, com os limites superior e inferior de especificação (LSE e LIE) a distar  $\pm 3\sigma$  a partir da média do processo, tem uma probabilidade de 99,73% de produzir produtos conformes, o que corresponde a 2.700 DPMO. A Figura 2.6 mostra uma Distribuição Normal de probabilidade, com os limites superior e inferior de especificação a distarem de três desvios-padrão da média do processo e considerando que a média se mantém inalterável, o denominado curto prazo.

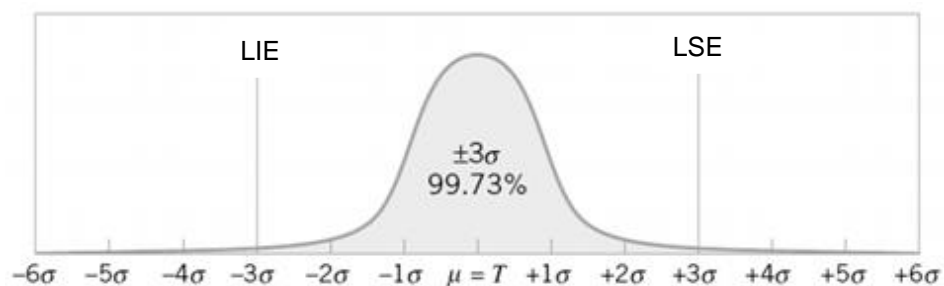
Por observação da mesma figura é possível constatar que à medida que os limites de especificação se distanciam da média, a probabilidade de produtos conformes aumenta e consequentemente, o número de DPMO diminui.

Contudo, segundo Linderman (2003) alguns estudos efetuados levaram a Motorola a assumir que um processo está sujeito a diversas causas especiais de variação, tais como erros dos operadores e o desgaste de equipamentos, admitindo-se que estes podem levar a média do processo a deslocar-se até 1,5 desvios-padrão da média. Esta situação, que corresponde a um horizonte temporal de longo prazo pode ser observada na Figura 2.7.

De acordo com esta proposição da Motorola, no longo prazo, um processo Seis Sigma poderá produzir no máximo até 3,4 DPMO.

Harry & Schroeder (2006) estimaram que, atualmente, grande parte das empresas ocidentais opera com um nível de Qualidade 4 Sigma, sendo que, por outro lado no Japão, não é invulgar encontrar as denominadas empresas 6 Sigma.

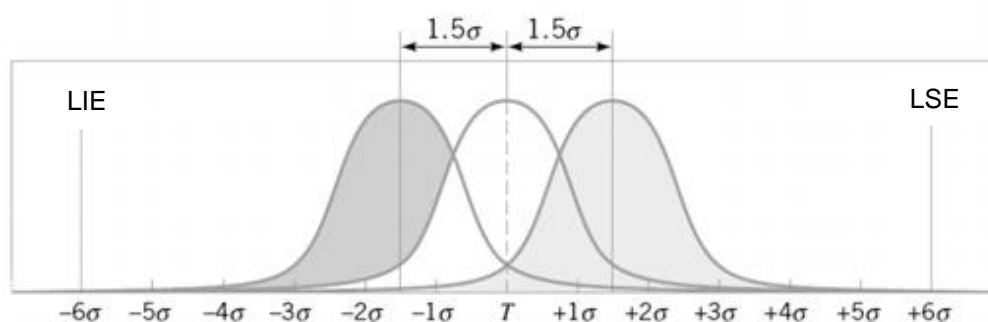
Com o intuito de melhor se entender a diferença existente entre uma empresa que opera no nível 4 Sigma e uma empresa que opera no nível 6 Sigma pode-se observar a Tabela 2.2.



Especificação	Rendimento (%)	DPMO
<b>Técnica</b>		
1 Sigma	68,27	317.300
2 Sigma	95,45	45.500
3 Sigma	99,73	2.700
4 Sigma	99,9937	63
5 Sigma	99,999943	0,57
6 Sigma	99,999998	0,002

Figura 2.6 - Distribuição Normal centrada na média (curto prazo)

(Fonte: adaptado de Montgomery & Woodwall, 2008)



Especificação	Rendimento (%)	DPMO
<b>Técnica</b>		
1 Sigma	30,23	697.700
2 Sigma	69,13	308.700
3 Sigma	93,32	66.810
4 Sigma	99,3790	6.210
5 Sigma	99,97670	233
6 Sigma	99,999660	3,4

Figura 2.7 - Distribuição Normal com média deslocada de  $\pm 1,5$  desvios-padrão (longo prazo)

(Fonte: adaptado de Montgomery & Woodwall, 2008)

Constata-se pela Tabela 2.2 que, no atual contexto empresarial, as organizações exigem um alto nível de desempenho e de isenção de erros. O Seis Sigma surgiu como resposta a esta percepção.

Tabela 2.2 - Diferença entre uma empresa 4 Sigma e uma empresa 6 Sigma  
(Fonte: adaptado de Werkema, 2004)

Nível 4 Sigma	Nível 6 Sigma
<b>7 horas de falta de energia elétrica por mês</b>	1 hora de falta de energia elétrica a cada 34 anos
<b>3.000 cartas extraviadas por cada 300.000 cartas enviadas</b>	1 carta extraviada por cada 300.000 cartas enviadas
<b>5.000 operações cirúrgicas incorretas por semana</b>	1,7 operações cirúrgicas incorretas por semana
<b>15 minutos de fornecimento de água não potável por dia</b>	1 minuto de fornecimento de água não potável cada 7 meses

Uma vez que as duas métricas mais comuns num programa Seis Sigma são o DPMO e o nível sigma, muitas empresas optam por determinar inicialmente o DPMO (2.2).

$$DPMO = \frac{N^{\circ} \text{ de Defeitos}}{N^{\circ} \text{ total de unidades em estudo} \cdot N^{\circ} \text{ de oportunidades para defeitos por unidades}} * 10^6 \quad (2.2)$$

Por sua vez, segundo Schmidt, Launsby, & Kiemele (1997) referidos por Breyfogle (2003), a conversão do número de defeitos por cada milhão de oportunidades é dada pela equação 2.3. Contudo, o nível Sigma pode também ser obtido diretamente através de tabelas de conversão.

$$Nível \text{ Sigma} = 0,8406 + \sqrt{29,37 - 2,221 * \ln(DPMO)} \quad (2.3)$$

#### 2.2.3.1.1 Capacidade de processos

Na metodologia Seis Sigma, o desempenho de um processo é dado em termos do nível de qualidade Sigma. Quer isto dizer que, quanto melhor for a performance de um processo, mais elevado será este nível.

Como foi referido anteriormente, um bom desempenho do processo implica que a variabilidade seja reduzida, ou seja, que a capacidade de o processo produzir de acordo com as especificações do cliente seja a mais elevada possível.

Segundo Pereira & Requeijo (2012), a capacidade do processo traduz a variação de um determinado processo devido a causas comuns tais como a temperatura e a humidade, de modo que, o seu estudo é de extrema importância num programa global de melhoria da qualidade. Fundamentalmente permite:

- Reduzir a variação do processo;
- Prever se o processo é capaz de produzir de acordo com as especificações impostas pelo cliente;
- Ajudar a seleccionar uma determinada máquina;
- Seleccionar os fornecedores mais adequados.

Segundo Montgomery (2009), considera-se que a análise da capacidade do processo mede os parâmetros funcionais das CTQ's – *Critical To Quality* (Características Críticas da Qualidade) - de um produto e não do processo em si.

### I) Índice de capacidade potencial do processo

Assumindo que o processo pode ser modelado por uma Distribuição Normal, em primeira instância deve-se calcular o índice de capacidade potencial ( $C_p$ ), que expressa de uma maneira simples e quantitativa se o processo é capaz de produzir dentro das especificações. Este índice é dado pela equação 2.4.

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6 \sigma} \quad (2.4)$$

Assim, e de acordo com a visão tradicional, um processo será potencialmente capaz sempre que o índice de capacidade potencial,  $C_p \geq 1,33$ .

Contudo, o processo pode ter um  $C_p \geq 1,33$  e estar a produzir material defeituoso, quando a sua média não estiver centrada com o valor nominal.

### II) Índice de capacidade do processo

Deste modo, segundo Pereira & Requeijo (2012), surgiu o índice de capacidade ( $C_{pk}$ ), que contabiliza não só a dispersão do processo, bem como a localização (média). Este índice é dado pela equação (2.5).

$$C_{pk} = \min ((C_{pk})_{Inferior} ; (C_{pk})_{Superior}) \quad (2.5)$$

Sendo que:

$$(C_{pk})_{Superior} = \frac{LSE - \mu}{3 \sigma}$$

$$(C_{pk})_{Inferior} = \frac{\mu - LIE}{3 \sigma}$$

Assim, tradicionalmente, um processo é considerado capaz quando o índice de capacidade  $C_{pk} \geq 1,33$ . Se os índices  $C_{pk}$  e  $C_p$  forem idênticos, ou seja  $C_{pk} = C_{ps}$ , significa que o processo está centrado com a especificação. De resto, o índice  $C_p$  irá ser sempre igual ou superior ao índice  $C_{pk}$ , uma vez que o primeiro representa o melhor que o segundo poderá atingir, se o processo estiver perfeitamente centrado.

Porém, segundo a filosofia Seis Sigma e de acordo com o que foi visto no Capítulo 2.2.3.1, existe a possibilidade de a média do processo deslocar-se até 1,5 desvios-padrão. Assim, resultam dois cenários (A e B) como se pode verificar pela Figura 2.8.

De acordo com o cenário A, uma situação de curto prazo onde a média se mantém inalterável, o índice de capacidade do processo é dado por  $C_{pk}=2$ , uma vez que (2.6):

$$C_{pk} = \frac{LSE - \mu}{3\sigma} = \frac{6\sigma - \mu}{3\sigma} = \frac{6\sigma}{3\sigma} = 2 \quad (2.6)$$

Contudo, quando se verifica uma alteração na média do processo até 1,5 desvios-padrão, a denominada situação do longo prazo, o índice de capacidade é dado por  $C_{pk}=1,5$ , visto que (2.7):

$$C_{pk} = \frac{LSE - \mu}{3\sigma} = \frac{6\sigma - 1,5\sigma}{3\sigma} = \frac{4,5\sigma}{3\sigma} = 1,5 \quad (2.7)$$

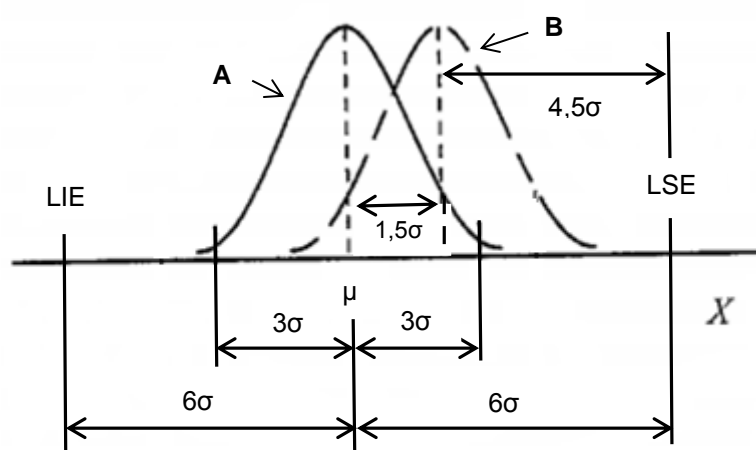


Figura 2.8 - Capacidade de processo numa abordagem Seis Sigma  
(Fonte: adaptado de Pereira & Requeijo, 2012)

### 2.2.3.2 Seis Sigma como Metodologia

De acordo com McCarty et al. (2004), um programa Seis Sigma baseia-se na métrica uma vez que, os profissionais do Seis Sigma medem e avaliam o desempenho do processo calculando o DPMO e o nível Sigma. Por sua vez, a metodologia assenta no ciclo DMAIC – acrónimo de *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* - um estruturado procedimento de resolução de problemas, utilizado na melhoria da qualidade de produtos e processos existentes, quer no ciclo DMADV – acrónimo de *Define, Measure, Analyze, Design, Verify* - utilizado na conceção de novos produtos e processos e parte integrante da abordagem *Design for Six Sigma* (DFSS).

As cinco fases que compõem o ciclo DMAIC, metodologia de apoio ao programa Seis Sigma, têm como finalidade definir o problema que será alvo de estudo, medir o desempenho do processo, analisar as causas dos problemas do processo, melhorar o processo eliminando ou reduzindo as mesmas e controlar o processo de modo a manter os ganhos (Cudney & Kestle, 2010).

Contudo, a metodologia Seis Sigma não se limita ao DMAIC. Outras técnicas e metodologias são frequentemente utilizadas na estrutura DMAIC para auxiliar e ampliar o leque de ferramentas

disponíveis pelas equipas. Uma dessas metodologias complementares é o *Lean Management* (McCarty et al., 2004)

Posteriormente, com a combinação da metodologia *Lean* e da metodologia Seis Sigma, este ciclo manteve-se como sendo a base de qualquer projeto *Lean Seis Sigma*.

Deste modo, as cinco fases do ciclo DMAIC para um projeto *Lean Seis Sigma* podem ser sucintamente descritas da seguinte forma:

- *Define* (Definir) – A esta fase diz respeito a identificação do processo que necessita de ser melhorado, bem como os objetivos e a meta a alcançar (Pyzdek, 2003).  
A equipa deve estabelecer a causa do seu problema e definir os limites do mesmo. É fundamental definir quem são os clientes, quais são os seus requisitos e as suas expectativas;
- *Measure* (Medir) – Nesta fase a equipa necessita de recolher dados de modo a avaliar o desempenho atual do processo (McCarty et al., 2004).  
Entre outras ações será necessário mapear o processo, efetuar a medição, recolher e registar os dados, estimar a capacidade do processo bem como o nível Sigma (Park & Asian Productivity, 2003);
- *Analyse* (Analisar) – A equipa deve concentrar-se em identificar as causas potenciais do problema. São utilizadas várias ferramentas e técnicas estatísticas que permitem identificar quais as variáveis de entrada do processo que afetam o *output* do mesmo. Posteriormente será possível identificar soluções de melhoria;
- *Improve* (Melhorar) – Devem ser selecionadas soluções para abordar as causas raiz do problema que revelam ser as fontes de variação do processo. Posteriormente, essas mesmas soluções devem ser testadas e implementadas (Cudney & Kestle, 2010);
- *Control* (Controlar) – Nesta fase o ênfase recai em verificar se as soluções de melhoria implementadas foram bem sucedidas e garantir que, uma vez finalizado o projeto, essas mesmas melhorias perdurem (McCarty et al., 2004).

Posteriormente no Capítulo 2.3.2 ir-se-á estudar mais detalhadamente o ciclo DMAIC. Serão também apresentadas as diversas ferramentas *Lean Seis Sigma* envolvidas em cada fase.

### **2.2.3.3 Seis Sigma como Sistema de Gestão**

Por experiência própria, a Motorola aprendeu que o uso disciplinado das métricas e a aplicação da metodologia não era suficiente para conduzir a organização a apresentar resultados sustentáveis no longo prazo. Para garantir um maior impacto, a Motorola passou a assegurar-se que as métricas dos processos, bem como a metodologia, seriam aplicadas a qualquer tipo de oportunidade de melhoria diretamente relacionada com a estratégia organizacional (Motorola, 2013).

Deste modo, o Seis Sigma passou a ser abordado como um sistema prático de gestão para a melhoria contínua de negócios, concentrando esforços nas seguintes áreas (McCarty et al., 2004):

- Identificar, entender e gerir os requisitos dos clientes;
- Alinhar processos chave de modo a alcançar esses requisitos;
- Utilizar uma rigorosa análise de dados com o intuito de entender e minimizar a variabilidade dos processos chave;
- Impulsionar a organização a uma rápida e sustentável melhoria dos processos de negócio.

Como tal, o Sistema de Gestão do Seis Sigma abrange tanto as métricas como a metodologia, fornecendo uma estrutura que prioriza recursos para os projetos que irão melhorar as métricas e potencia os líderes que irão gerir os esforços para um crescimento rápido e sustentável da empresa (What is Six Sigma, 2013).

McCarty et al. (2004) afirmam que, precisamente quando o Seis Sigma é adotado como um sistema de gestão é que as organizações sentem um maior impacto.

#### **2.2.4 Efeitos e benefícios**

Com o passar dos anos a metodologia Seis Sigma continua a evoluir e tem vindo a tornar-se numa importante força motriz das organizações orientadas para projetos. A sua popularidade e os benefícios alcançados têm vindo a ser apresentados e discutidos ao longo dos anos. De acordo com Shafer & Moeller (2012), a Motorola, empresa criadora do Seis Sigma, estimou que, ao longo dos mais de 20 anos em que tem vindo a utilizar a metodologia economizou mais de 20 mil milhões de US dólares.

Por sua vez, num estudo efetuado durante um período de 10 anos a uma amostra de 84 empresas representativas de vários sectores da indústria sobre o impacto do Seis Sigma no desempenho empresarial, Shafer & Moeller (2012) referem que, os principais benefícios da adoção desta filosofia passam por um aumento na eficiência com que os colaboradores são organizados e na produtividade dos operadores.

Ainda segundo Shafer & Moeller (2012), não existem evidências de que o Seis Sigma possa ter um impacto negativo na performance empresarial. Os resultados apresentados por este estudo sugerem que, as organizações que apresentam um alto desempenho e que posteriormente adotam o Seis Sigma continuam a manter a sua vantagem competitiva.

Por outro lado, num estudo realizado a empresas do Reino Unido, Antony & Banuelas (2002); Ricardo Banuelas & Jiju (2002) identificam os fatores essenciais para o sucesso de um programa Seis Sigma como:

- Compromisso e envolvimento dos gestores de topo.  
Exemplo disso foi a influência que o Presidente Executivo da GE teve na implementação do programa nessa mesma empresa;
- Compreensão da metodologia Seis Sigma, das suas ferramentas e técnicas;
- Vincular o Seis Sigma à estratégia empresarial;
- Vincular o Seis Sigma aos clientes;

- Vincular o Seis Sigma aos fornecedores;
- Promover e aceitar a mudança cultural;  
O ser humano é por natureza adverso à mudança. Motivar e encorajar os colaboradores, bem como anunciar os resultados dos projetos Seis Sigma irá ajudar a sua aceitação;
- Formação contínua dos colaboradores.  
A formação assegura que todos os intervenientes implementem efetivamente todas as técnicas do Seis Sigma;
- Selecionar e planear cuidadosamente os projetos.

Segundo Kwak & Anbari (2006), o Seis Sigma irá provavelmente permanecer como sendo uma das principais iniciativas na melhoria da gestão de processos, não devendo ser considerado como uma moda passageira.

De acordo com vários autores referidos por Kwak & Anbari (2006), integrar os princípios do Seis Sigma com o TQM (*Total Quality Management*), as normas técnicas da ISO 9000, ISO 9001 e a produção *Lean*, faz parte do esforço empresarial necessário de modo a maximizar os efeitos positivos da implementação de um programa Seis Sigma.

## 2.3 Lean Seis Sigma

As filosofias *Lean* e Seis Sigma têm sido referenciadas como as iniciativas mais promissoras na melhoria contínua das organizações (Taghizadegan, 2006). Tratando-se de duas abordagens distintas, o *Lean* foca-se em eliminar as fontes de desperdício, gerando um fluxo contínuo nos processos organizacionais, enquanto que, por outro lado, o Seis Sigma concentra-se em reduzir a variabilidade dos processos.

Ainda que ambas as abordagens sejam eficazes quando aplicadas independentemente, estudos recentes indicam que as organizações que aplicam as duas metodologias separadamente podem não ser capazes de alcançar melhorias adicionais. Deste modo, com o intuito de aumentar a competitividade dos seus negócios, as empresas começaram a agregar as duas iniciativas, dando assim origem ao conceito de *Lean Seis Sigma* (Akbulut-Bailey, Motwani, & Smedley, 2012).

Segundo Aruleswaran (2010), o *Lean Seis Sigma* é uma metodologia impulsionada pela necessidade de mudança, pela necessidade de melhorar continuamente, com o intuito de fazer face à forte concorrência empresarial e alcançar a eficácia organizacional.

Após a união de ambas as filosofias de melhoria contínua, o *Lean Seis Sigma* passou a utilizar o ciclo DMAIC como estrutura de apoio à resolução de problemas e a integrar as ferramentas *Lean* e as ferramentas da Qualidade como apoio à sua implementação (Taghizadegan, 2006).



Assim, organizações interessadas em maximizar a satisfação dos seus clientes e o sucesso global das suas atividades devem portanto recorrer a ambas as metodologias, suas técnicas e ferramentas (Summers, 2011).

Uma vez que, a metodologia *Lean Seis Sigma* pode ser definida como a combinação das melhores características provenientes da abordagem *Lean* e da abordagem Seis Sigma, a Figura 2.9 sumariza os princípios fundamentais provenientes da união e complementaridade das duas filosofias.

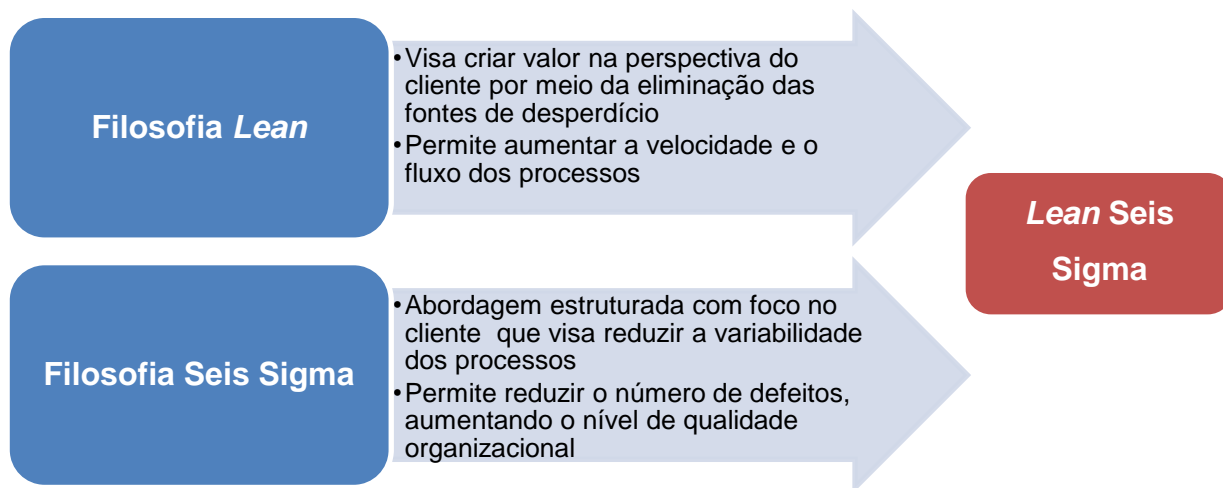


Figura 2.9 - Sinergia entre as metodologias *Lean* e Seis Sigma

(Fonte: adaptado de Saint-Gobain Glass, 2011)

### 2.3.1 Estrutura Lean Seis Sigma

A metodologia *Lean Seis Sigma* exige uma integração de todos os departamentos, de modo a que a sua implementação seja bem-sucedida. Requer-se não só a existência de colaboradores formados e qualificados, bem como a total envolvimento e compromisso dos gestores de topo. Assim, a típica estrutura de um projeto *Lean Seis Sigma* deve incluir os seguintes intervenientes:

- *Sponsor*;
- *Champions*;
- *Master Black Belts* (MBB);
- *Black Belts* (BB);
- *Green Belts* (GB).

#### ***Sponsor***

O *Sponsor* é um gestor de topo da organização responsável por liderar as equipas. Trata-se de um executivo que “patrocina” os projetos e que tem como função apoiar a equipa em todas as fases. Geralmente é responsável por supervisionar um ou mais *Champions* (Taghizadegan, 2010).

## **Champions**

Os *Champions* são gestores responsáveis por um ou mais projetos *Lean Seis Sigma*. Usualmente são diretores do sector ou departamento onde as suas equipas desenvolvem o projeto. Trabalham de perto com as equipas e reúnem-se regularmente com estas para garantir que as mesmas entendam os objetivos de cada projeto. O *Champion* é também responsável por supervisionar os projetos e apresentar formalmente os seus resultados, bem como selecionar os candidatos dentro da organização a receberem formação em *Black Belt* e *Master Black Belt* (McCarty et al., 2004; Taghizadegan, 2010).

## **Master Black Belts**

Segundo Pande & Holpp (2002); Taghizadegan (2010) os *Master Black Belts* são geralmente especialistas na área da gestão da qualidade e devem possuir um conhecimento avançado das diversas técnicas e ferramentas estatísticas. A sua contribuição nos projetos *Lean Seis Sigma* passa por orientar e formar os *Black Belts* e os *Green Belts*. Normalmente os *Master Black Belts* são selecionados de entre os mais talentosos *Black Belts* da organização pela sua capacidade de liderança e pelo seu vasto conhecimento da metodologia. Devem portanto acumular uma vasta experiência na liderança de projetos.

O *Master Black Belt* é um indivíduo certificado e que se pode dedicar a tempo inteiro à aplicação da metodologia dentro da organização.

## **Black Belts**

Provavelmente considerado como o interveniente mais preponderante de uma estrutura *Lean Seis Sigma*, o *Black Belt* trabalha e lidera uma equipa que fora delegada a um determinado projeto. É o responsável por juntar a equipa, motivar os intervenientes e orientar o projeto para o sucesso. Deve possuir as seguintes características:

- Capacidade de liderança e de comunicação;
- Total conhecimento da filosofia *Lean Seis Sigma*, de modo a poder assessorar outros intervenientes no seu trabalho;
- Disponibilidade e capacidade para trabalhar em diversos projetos;
- Forte competência para a resolução de problemas;
- Aptidão para pensar nas variáveis preponderantes para a gestão de topo (tempo, dinheiro e desempenho dos processos).

## **Green Belts**

O *Green Belt* é um indivíduo que recebeu formação básica na metodologia *Lean Seis Sigma* e que trabalha a tempo parcial nas equipas com o propósito de ajudar a solucionar os problemas. Deve ter alguns conhecimentos estatísticos e forte capacidade analítica. A sua principal função passa por aplicar os conceitos e as ferramentas da metodologia nas atividades diárias da empresa. Geralmente,

aconselham e sugerem aos seus superiores sobre quais os processos que deverão ser alvo de melhoria (McCarty et al., 2004; Taghizadegan, 2010).

### 2.3.2 Ciclo DMAIC

O ciclo DMAIC, método usualmente utilizado como apoio à resolução de problemas em projetos *Lean* Seis Sigma, fornece as diretrizes que as equipas devem seguir desde a definição do problema até à implementação das propostas de melhoria.

Em termos funcionais pode ser considerado similar ao ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), originalmente desenvolvido por Walter Shewhart o pioneiro do controlo estatístico de processos e serve de *roadmap* para apoiar as empresas a integrar diversas técnicas e ferramentas utilizadas na melhoria contínua de processos.

Uma ilustração das diferentes fases do ciclo DMAIC pode ser observada na Figura 2.10.

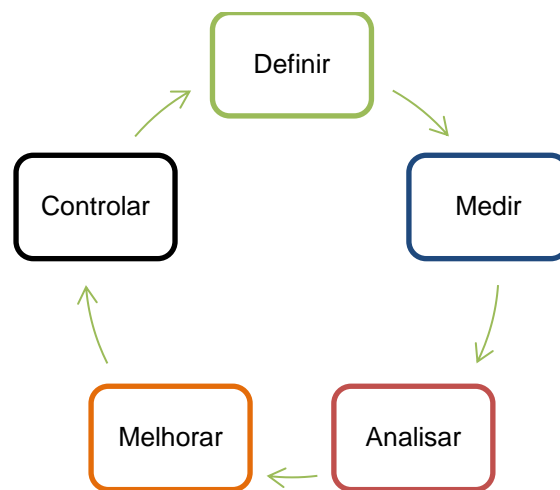


Figura 2.10 - As cinco fases do ciclo DMAIC

De acordo com George (2005), o ciclo DMAIC pode ser utilizado em: I) projetos de equipa e II) eventos *Kaizen*. A base de aplicação de cada uma das abordagens é semelhante, contudo, tratando-se de abordagens distintas, existem diferenças subsequentes na utilização de cada uma.

I) Projetos de equipa:

- Projeto com duração variável entre 1 a 5 meses, dependendo do âmbito do mesmo;
- Os *Black Belts* dedicam-se a tempo inteiro ao projeto;
- Os membros da equipa trabalham no projeto a tempo parcial, intercalando as suas participações com o seu trabalho regular;
- Envolvimento total de todos os intervenientes em todas as fases do ciclo.

II) Eventos *Kaizen*:

- Projeto com duração aproximada de 1 semana;

- Fase Definir e por vezes fase Medir, realizadas somente pelo *Black Belt* e pelo líder de equipa;
- Restantes fases executadas a tempo inteiro e em conjunto por toda a equipa.

No âmbito desta Dissertação, será somente analisada a primeira das abordagens acima mencionadas, sendo que, as secções que se seguem tratam de, por meio de um *roadmap* descritivo definir e fundamentar teoricamente as cinco fases deste poderoso método de resolução de problemas. No *roadmap* que se segue, serão detalhados os principais passos a seguir num projeto *Lean Seis Sigma*, à medida que se apresentam e descrevem os documentos denominados de *Deliverables* (Entregáveis). As restantes técnicas e ferramentas que apoiam a implementação da metodologia *Lean Seis Sigma* serão abordadas no Capítulo 2.3.3.

### 2.3.2.1 Fase Definir (*Define*)

Trata-se da primeira fase do ciclo DMAIC. Os *Black Belts* devem identificar o problema que vai ser alvo de melhoria e posteriormente atualizar os limites do mesmo. A equipa deve responder à seguinte questão: “O que é importante para a empresa e para os clientes?” (McCarty et al., 2004).

As metas que a equipa se deve propor a alcançar são (Saint-Gobain Glass, 2011):

- ✓ Identificar e esclarecer o problema;
- ✓ Definir a meta do projeto;
- ✓ Definir o âmbito e os objetivos do projeto;
- ✓ Identificar as necessidades dos clientes;
- ✓ Identificar os defeitos existentes no processo;
- ✓ Formar a equipa *Lean Seis Sigma*;
- ✓ Determinar as funções e responsabilidades dos intervenientes;
- ✓ Executar o planeamento do projeto;
- ✓ Elaborar o *Project Charter*;
- ✓ Elaborar o *Business Case*.

A Figura 2.11 apresenta as principais etapas desta fase.

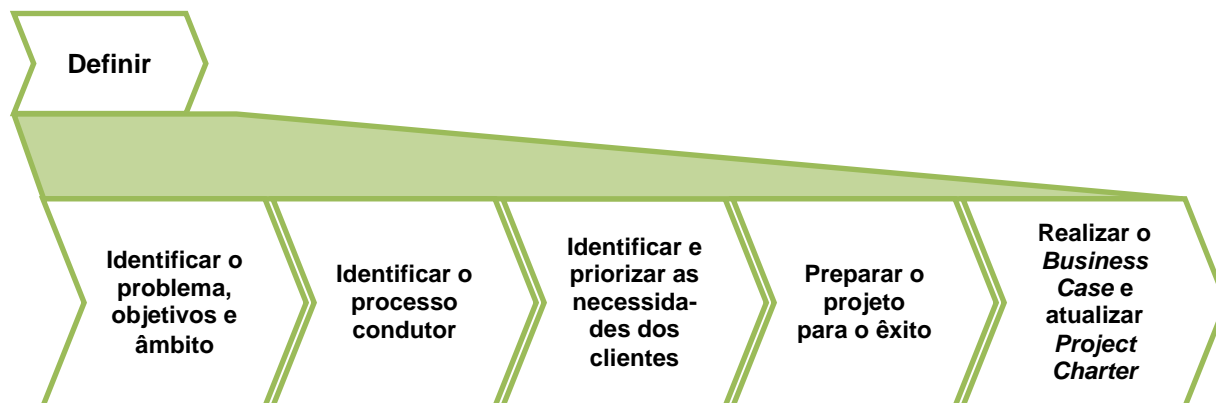


Figura 2.11 - Principais etapas da fase Definir

(Fonte: adaptado de Saint Gobain Glass Portugal, 2011)

O primeiro documento parte dos *Deliverables* que deverá ser realizado na fase Definir é o **Project Charter**. Trata-se de uma declaração, geralmente com duas páginas, que resume a informação oficial do projeto e que é apenas completada no final desta mesma fase. Apresenta entre outros detalhes as seguintes particularidades (George, 2005):

- Formulação do problema: identificar e descrever qual é o problema, onde foi visto, qual a sua magnitude e as suas consequências;
- Listagem dos membros da equipa: identificar os *stakeholders* (intervenientes) explicitando as suas funções e responsabilidades;
- Enunciado da meta do projeto: identificar claramente a métrica de saída “Y” a ser melhorada;
- Impacto do projeto: apresentar os pressupostos financeiros esperados com a melhoria do projeto escolhido;
- Verificação do âmbito do projeto: assegurar que o âmbito é suficientemente amplo de modo a se atingirem os objetivos, contudo, suficientemente limitado de modo a ser possível concluir o projeto dentro do horizonte temporal estimado;
- Planeamento do projeto: estimar as datas de conclusão de cada fase do ciclo DMAIC.

Nesta etapa da fase Definir e com o intuito de auxiliar a elaboração do *Project Charter* é aconselhável recorrer entre outras, às ferramentas:

- *The Fifteen Word Flipchart*;
- Diagrama de Pareto;
- Dentro e Fora de Alcance.

### **Identificar o processo condutor**

Na segunda etapa da fase Definir deve ser efetuado um mapeamento do processo que vai ser alvo de estudo, de modo a garantir que todos os intervenientes tenham uma correta perceção do mesmo. Segundo McCarty et al. (2004), o mapeamento do processo deve basear-se somente no estado atual do processo, nunca mostrando o que a empresa gostaria que ele fosse.

Deste modo, deve-se recorrer ao diagrama **SIPOC** – acrónimo de *Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers* (Fornecedores, Entradas, Processo, Saídas e Clientes) - um mapa de processos que fornece uma perspetiva pouco detalhada do mesmo. Apresenta somente as principais atividades envolvidas no processo que irá ser alvo de estudo e identifica os fornecedores, os clientes, as entradas e saídas de informação, matérias-primas e produtos acabados. O diagrama SIPOC ajuda a equipa e o *Sponsor* do projeto a acordar quais os limites e o âmbito do projeto (George, 2005).

### **Identificar e priorizar as necessidades dos clientes**

A identificação dos clientes e perceção das necessidades dos mesmos é um fator essencial para o sucesso de um projeto *Lean Seis Sigma*. Assim, de acordo com McCarty et al. (2004) recorre-se à ferramenta *Voice of Customer (VOC)* – que na língua portuguesa significa Voz do Cliente - de modo a compreender quais as características valorizadas e requisitadas pelos clientes.

Segundo John, Meran, Lunau, & Roenpage (2008), de acordo com as necessidades de segmentação dos clientes, o VOC pode ser recolhido de cinco maneiras diferentes, sendo que os métodos frequentemente utilizados são: entrevistas, *focus groups*, inquéritos, investigações internas e observação dos clientes.

Dado que os comentários dos clientes são geralmente demasiado vagos, uma vez reunidas as necessidades dos clientes por meio do VOC, torna-se fundamental traduzir esses comentários em requisitos críticos da qualidade, os denominados CTQ's (*Critical to Quality*), para que posteriormente seja possível determinar as variáveis de saída do processo, geralmente denominadas por "Y" (George, 2005). A Figura 2.12 mostra o procedimento acima descrito.

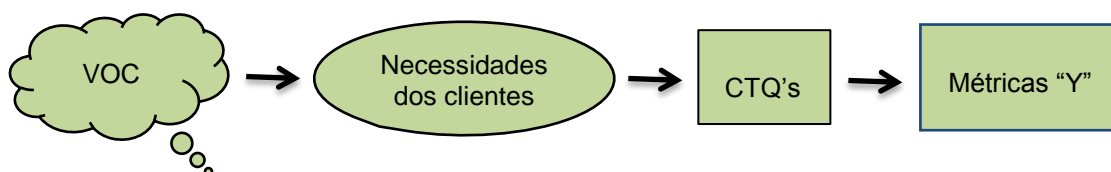


Figura 2.12 - Esquematização da tradução das questões-chave em CTQ's

(Fonte: adaptado de Saint-Gobain Glass, 2011)

Após transformação do VOC na linguagem da empresa, a organização das questões-chave em CTQ's pode ser efetuada recorrendo ao Diagrama em Árvore.

Assim, uma vez determinados os CTQ's, torna-se fundamental priorizar os mesmos de modo a averiguar quais são as necessidades dos clientes que deverão ser alvo de estudo. Neste contexto recorre-se ao Diagrama de Pareto ou ao Diagrama de Inter-relação.

### **Preparar o projeto para o êxito**

Uma vez definido o problema que vai ser alvo de estudo, torna-se fundamental realizar a gestão do projeto. Para tal, utilizam-se os Diagramas de Gantt, que segundo Schwalbe (2010), são ferramentas de gestão de projetos que, por meio de gráficos, fornecem informações sobre a programação das atividades, datando o respetivo início e fim.

Neste ponto recorre-se também a uma *Stakeholders Analysis* (Análise dos Intervenientes), particularmente útil para clarificar quais são os indivíduos afetados pelas atividades do projeto, visto que fornece informação sobre as relações entre os mesmos. O objetivo final será identificar e eliminar qualquer tipo de resistência que possa existir entre os intervenientes.

### **Realizar o Business Case e atualizar o Project Charter**

De modo a finalizar a fase Definir propõem-se que seja efetuado o *Business Case* do projeto. Trata-se de um documento estruturado que aborda as questões financeiras envolvidas no projeto, bem como a análise de risco do mesmo. Para tal, deve-se elaborar o *Return on Six Sigma* (ROSS), por vezes também denominado de *Return on Investment* (ROI), um pequeno estudo utilizado para averiguar a viabilidade e a atratividade financeira de um determinado projeto em relação a outros.

Por último lugar e após nova atualização do *Project Charter*, deve ser realizada uma revisão técnica à fase Definir com o intuito de se apurar se todas as metas propostas foram alcançadas.

### 2.3.2.2 Fase Medir (*Measure*)

Na segunda fase do ciclo, a equipa *Lean Seis Sigma* terá como missão recolher dados reais de modo a averiguar o desempenho atual do processo. O objetivo principal da fase Medir é responder à pergunta: “Onde é que nós estamos?” (McCarty et al., 2004).

As metas que a equipa se deve propor a alcançar são (Saint-Gobain Glass, 2011):

- ✓ Efetuar um mapeamento detalhado do processo;
- ✓ Identificar a métrica de saída “Y”;
- ✓ Verificar os sistemas de medição;
- ✓ Recolher os dados;
- ✓ Estimar o nível Sigma do processo;
- ✓ Estabelecer uma nova meta.

A Figura 2.13 apresenta as principais etapas desta fase.

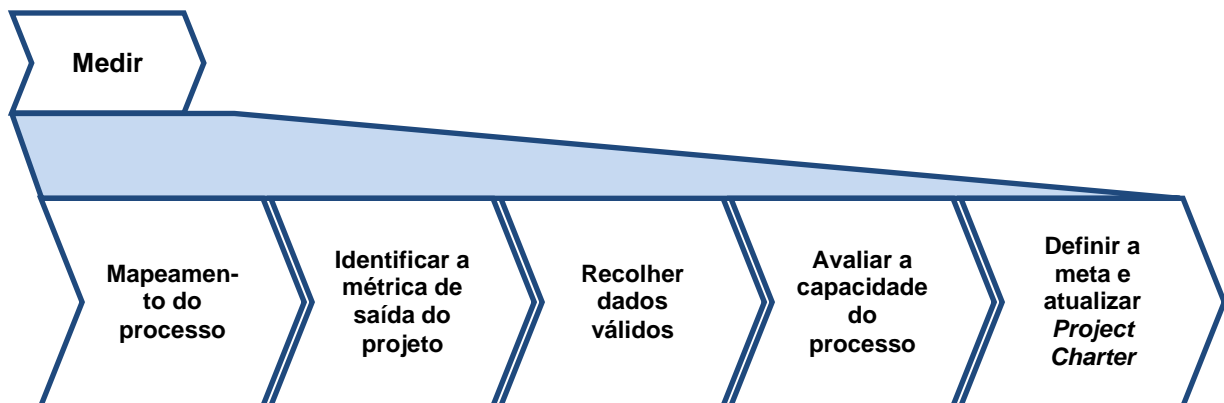


Figura 2.13 - Principais etapas da fase Medir

(Fonte: adaptado de Saint-Gobain Glass, 2011)

### Mapeamento do processo

Uma vez atingida a fase Medir, torna-se essencial efetuar um detalhado mapeamento do processo, de modo a compreender quais as atividades que acrescentam valor e consequentemente, aquelas que geram desperdício. Assim, de acordo com a complexidade e o tipo de projeto, pode-se recorrer às seguintes ferramentas:

- Diagrama *Swim Lanes*;
- *Process Stapling*;
- *Value Stream Mapping*.

Finalizada esta etapa, a equipa *Lean Seis Sigma* deverá ter pleno conhecimento dos passos do processo que acrescentam valor segundo a perspectiva do cliente final.

### **Identificar a métrica de saída “Y” do projeto**

Dado que a esta altura as equipas já terão identificado os CTQ's, com o intuito de detetar e quantificar o número de defeitos torna-se necessário determinar a métrica de saída “Y” que deriva de cada CTQ. Note-se que, cada métrica “Y” diz respeito a um defeito, o que significa que cada projeto *Lean Seis Sigma* irá ser responsável por melhorar uma só métrica “Y”. Logo, ao melhorar-se a métrica escolhida, ir-se-á influenciar positivamente os restantes CTQ's que estejam diretamente relacionados com a mesma. Assim, a seleção da métrica de saída mais adequada pode ser feita através de um Diagrama Matricial.

Contudo, antes de recolher os dados é recomendado haver a preocupação de encontrar as causas responsáveis por originar os problemas, usualmente denominadas pela letra “X”. Para tal é comum recorrer-se ao Diagrama Matricial ou ao Diagrama de Causa-e-Efeito.

### **Recolher dados válidos**

Anteriormente à recolha de dados será necessário elaborar um plano de recolha dos mesmos. Trata-se de, relativamente a cada variável, definir que dados irão ser recolhidos, quem os irá recolher, como e quando irão ser recolhidos. Deverá estabelecer-se o sistema de medição e verificar-se se os dados representam variáveis contínuas ou discretas. De extrema importância neste processo de recolha de dados é a análise do sistema de medição.

O sistema de medição é constituído pelas características do produto a serem medidas, pelo equipamento de medição e pelos operadores responsáveis em efetuar as medições. Assim, é de toda a conveniência que, de forma a não se tirarem ilações erradas sobre o desempenho do processo, a variabilidade do sistema de medição seja reduzida. Para tal, dever-se-á recorrer ao estudo da repetibilidade e reprodutibilidade (R&R) (Pereira & Requeijo, 2012).

A repetibilidade retrata a variabilidade do equipamento e a capacidade ou incapacidade de um operador executar a medição e ler os resultados da mesma forma e várias vezes consecutivas. Por seu turno, a reprodutibilidade diz respeito à variabilidade causada pelo facto de diferentes operadores utilizarem o mesmo sistema de medição (Pereira & Requeijo, 2012).

Uma vez analisado o sistema de medição por meio do estudo R&R, poderá dar-se início à recolha de dados. Deste modo, por meio de uma amostragem representativa da população e tendo em conta a variabilidade, o tamanho da amostra e a precisão, deverão ser recolhidos os dados tantas vezes quantas forem necessárias.



## Avaliar a capacidade do processo

Após o processo de recolha de dados, torna-se essencial visualizar o comportamento do processo atual por meio de Histogramas e/ou Diagramas de Pareto. Contudo, de modo a verificarem-se as tendências ao longo do período temporal deve-se recorrer às Cartas de Controlo.

As Cartas de Controlo permitem avaliar a estabilidade do processo, possibilitando verificar se existem causas especiais de variação a atuar no processo. Outro objetivo, consequência da concretização anterior é a estimativa da média e da variância do processo, que permite verificar se as unidades produzidas satisfazem as especificações técnicas, sendo então possível calcular a capacidade do processo e o nível Sigma (Pereira & Requeijo, 2012).

O cálculo do nível sigma poderá ser realizado por meio de dois métodos. Num primeiro método, recorrendo a ferramentas estatísticas, dever-se-á traçar a Distribuição Normal do processo, tendo em conta os dados recolhidos previamente e tomar nota do número de desvios-padrão entre a média e os limites de especificação. O outro método geralmente utilizado será calcular o número de defeitos por milhão de oportunidades (DPMO), para posteriormente ser calculado o nível Sigma do processo.

## Definir a meta de melhoria e atualizar o Project Charter

A fase Medir termina com a proposta de uma nova meta para o nível Sigma do processo a ser alcançado. Posteriormente atualiza-se o *Project Charter* e efetuam-se as devidas revisões técnicas.

### 2.3.2.3 Fase Analisar (*Analyse*)

Finalizada a fase Medir é possível ter ideia de algumas das causas possíveis, contudo é provável que existam muitas mais, visto que esta fase centra-se maioritariamente nas métricas de saída do processo, denominadas de “Y’s”. Por sua vez, a fase Analisar foca-se nas variáveis de entrada, denominadas de “X’s”. Deste modo, segundo McCarty et al. (2004), o objetivo pretendido nesta fase será criar uma equação do tipo  $Y=f(X)$  e consequentemente responder à questão: “Qual é a fonte do problema?”

A Figura 2.14 apresenta as principais etapas desta terceira fase do ciclo DMAIC.

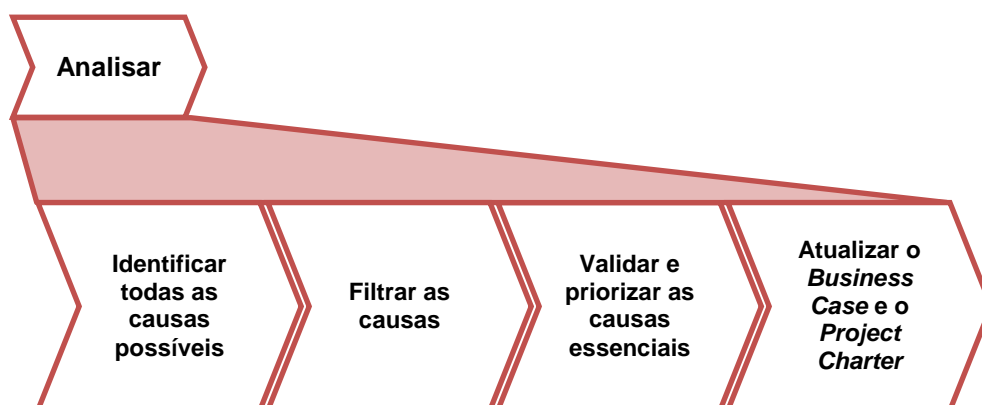


Figura 2.14 - Principais etapas da fase Analisar

(Fonte: adaptado de Saint-Gobain Glass, 2011)

## Identificar todas as causas possíveis

Com o intuito de se encontrarem todas as possíveis causas do problema, é recorrente utilizar-se uma abordagem estruturada, aplicando na seguinte ordem as respetivas ferramentas:

- I) Diagrama de Causa-e-Efeito (*Ishikawa*)
- II) 5 *Why's* (5 Porquês)
- III) Diagrama de Inter-Relação

Contudo, no processo de identificação das causas possíveis é extremamente útil recorrer à ferramenta **As 3 Janelas**. Trata-se de uma técnica utilizada com intuito de encontrar respostas em três distintas categorias de atividades. Resumidamente, a equipa *Lean Seis Sigma* procura encontrar resposta às suas questões com base na experiência dos intervenientes, com base no processo em estudo e por fim, com base nos dados recolhidos desse mesmo processo.

Assim, numa primeira janela – a Janela da Experiência – pretende-se reunir as opiniões dos clientes e de todos os especialistas na área da melhoria contínua de processos. Recorre-se geralmente a um Diagrama de Causa-e-Efeito com base no *Brainstorming* gerado pelos intervenientes mais experientes.

Na segunda janela – a Janela do Processo – a equipa *Lean Seis Sigma* deverá efetuar uma análise às atividades que acrescentam valor segundo os critérios dos clientes, tendo sempre em conta as fontes de desperdício identificadas pela Toyota.

Na terceira e última janela – a Janela dos Dados – recorre-se à análise gráfica como Gráficos Box-Plot, Cartas de Controlo ou Diagramas de Pareto de modo a, com base nos dados recolhidos na fase Medir, identificar e segmentar os defeitos que ocorrem mais frequentemente.

## Filtrar as causas

Após a primeira etapa da fase Analisar, é usual que o número de causas possíveis seja muito elevado. Nesse caso, será de extrema importância filtrar todas as causas de modo a limitar o número das mesmas a um conjunto nunca superior a cinco causas (Saint-Gobain Glass, 2011). Esta ação deverá ser efetuada por votação ou recorrendo à análise gráfica tal como o Diagrama de Pareto.

## Validar e priorizar as causas essenciais

A priorização das causas essenciais poderá ser realizada recorrendo a técnicas e ferramentas estatísticas dada a simplicidade que aporta ou recorrendo à análise gráfica e utilizando a intuição e experiência dos intervenientes.

## Atualizar o Business Case e o Project Charter

Assim, uma vez identificadas as causas prioritárias, os membros da equipa deveriam intuitivamente ter uma ideia dos impactos das mesmas e consequentemente calcular uma estimativa da potencial melhoria da métrica de saída “Y”, através do ROSS.

Por fim, finaliza-se a fase Analisar atualizando o *Project Charter* e efetuando as devidas revisões técnicas.

#### 2.3.2.4 Fase Melhorar (*Improve*)

Uma vez encontradas as causas do problema do processo, a equipa deverá estar pronta a gerar uma lista das soluções a serem tidas em conta. Assim, à medida que os intervenientes se concentram nesta penúltima fase, a ênfase do pensamento tende a passar de analítico a criativo. Deste modo, a equipa deverá responder à questão: “O que é necessário ser feito?” (McCarty et al., 2004).

O objetivo desta fase será determinar e implementar a melhor solução para fazer face ao problema. A Figura 2.15 apresenta as principais etapas a alcançar durante esta fase.

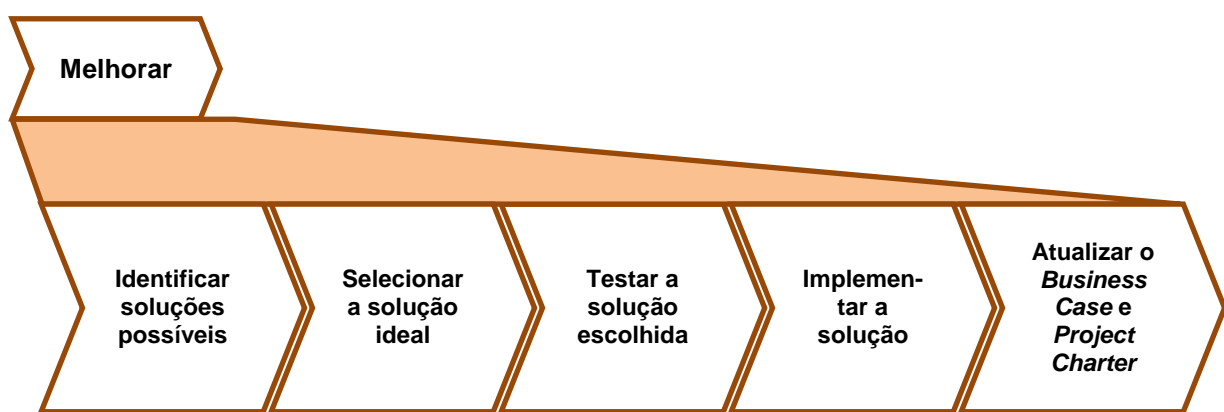


Figura 2.15 - Principais etapas da fase Melhorar  
(Fonte: adaptado de Saint-Gobain Glass, 2011)

##### Identificar todas as soluções possíveis

O pensamento original e criativo é um requisito nesta fase para que as soluções possam gerar impacto. Geralmente implementa-se uma solução por cada causa identificada na fase Analisar contudo, é imprescindível gerar o máximo de soluções inovadoras. Assim sendo, o primeiro *Deliverable* desta fase será conceber uma lista com todas as soluções, sendo que estas podem ser geradas por meio de *Brainstorming*, tendo sempre em conta os princípios do pensamento *Lean*.

##### Selecionar a solução ideal

Dispondo de uma vasta gama de soluções possíveis, será necessário nesta etapa optar pela solução ideal. A decisão dependerá do tipo de projeto e poderá ser feita por votação dos intervenientes ou utilizando métodos quantitativos como o Diagrama Matricial.

##### Testar a solução escolhida

Uma vez escolhida a solução a implementar, a mesma deverá ser testada, de modo a entender-se melhor os seus efeitos e aprender qual a forma mais eficaz de esta ser implementada. Neste sentido é costume realizar e entregar ao *Sponsor* uma **Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos**

(**AMFE**). Segundo Summers (2011), a AMFE pode ser vista como uma técnica que ajuda a identificar as diferentes maneiras de como um produto, processo ou serviço podem falhar e os efeitos dessas mesmas falhas. Trata-se de um método que procura identificar possíveis falhas, gerando uma lista das mesmas, classificando as características mais críticas e gerando uma lista das ações que podem ser tomadas de modo a reduzir ou até mesmo eliminar essas mesmas falhas.

Posteriormente de modo a garantir que a solução proposta seja bem-sucedida é comum realizar uma **Análise de Risco**. Trata-se de um estudo que ajuda a identificar e gerir os potenciais problemas que poderiam prejudicar as iniciativas-chave do projeto. Numa Análise de Risco devem-se identificar as ameaças que o projeto poderá enfrentar e consequentemente estimar a probabilidade dessas ameaças se concretizarem. Neste ponto, a gestão e planeamento do projeto e dos recursos são também úteis e podem ser efetuados por meio de um Diagrama de Gantt.

### **Implementar a solução**

Uma vez testada e devidamente analisada, a equipa está neste ponto pronta a implementar a solução proposta.

### **Atualizar o Business Case e o Project Charter**

Uma vez mais, a fase termina com a realização do ROSS, de forma a avaliar se as soluções propostas são atrativas em termos do investimento realizado e do retorno gerado.

Deve-se atualizar o *Project Charter* e as devidas revisões técnicas deverão ser tomadas em conta por parte do *Sponsor* do projeto.

#### **2.3.2.5 Fase Controlar (Control)**

A última fase do ciclo DMAIC foca-se em assegurar se a implementação das propostas de melhoria foi bem-sucedida e se os ganhos se mantêm. A pergunta que a equipa deve responder é: “Como podemos garantir o sucesso do desempenho atual do processo?”. Deste modo, a equipa precisa de certificar-se que, uma vez terminado o projeto, os ganhos alcançados irão subsistir.

Consequentemente, o objetivo desta última fase será assegurar o sucesso prolongado do projeto. Assim, a Figura 2.16 apresenta as principais etapas a serem alcançadas.

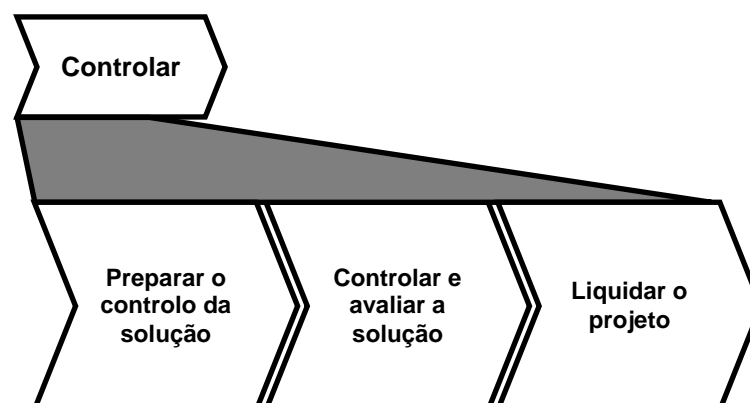


Figura 2.16 - Principais etapas da fase Controlar

(Fonte: adaptado de Saint-Gobain Glass, 2011)

## **Preparar o controlo do projeto**

A solução implementada deve ser devidamente cuidada, sendo que para tal, devem ser previamente concebidas as denominadas Folhas de Procedimentos. As Folhas de Procedimentos são documentos que servem de guia para os trabalhadores de uma organização – executivos ou operadores fabris – e que auxiliam os mesmos a compreenderem os procedimentos diários de melhoria contínua. Estas folhas devem auxiliar os colaboradores a aplicarem os procedimentos do trabalho padronizado, uma das bases do TPS.

O primeiro *Deliverable* a realizar nesta última fase será o **Plano de Controlo**, um documento que indica os procedimentos a ter em conta de modo a assegurar a continuidade dos benefícios que se visam alcançar. O Plano de Controlo é responsável por definir as características do processo que deverão ser observadas regularmente, sendo normalmente controladas as métricas de saída “Y”, bem como as causas do problema, “X”. Neste contexto será também útil elaborar um Plano de Reação que especifique as regras de decisão e as ações a serem tomadas sempre que surjam problemas no processo. Trata-se de uma técnica que ajuda a minimizar o risco de ocorrência de defeitos.

## **Controlar e avaliar a solução**

Após a implementação da solução, será fundamental avaliar o desempenho do novo processo. Será portanto necessário observar a métrica de saída “Y” e comparar os resultados gerados com o desempenho do processo observado na fase Medir. Neste contexto, é de extrema importância voltar a calcular o nível Sigma com o intuito de verificar o nível alcançado com o projeto. Caso o resultado verificado seja desfavorável, a equipa deverá retornar à fase Medir.

A análise e avaliação do desempenho do novo processo podem também ser efetuadas utilizando Cartas de Controlo, digramas Box-Plot ou recorrendo a Testes de Hipóteses.

## **Liquidar o projeto**

O projeto *Lean Seis Sigma* chega ao fim quando existe a confirmação de se ter alcançado o nível de qualidade Sigma inicialmente proposto. Pressupõe-se que, a esta altura, o novo processo esteja devidamente implementado e estável e que consequentemente os benefícios esperados tenham sido alcançados. Assim, com a autorização do *Sponsor* e depois de se efetuarem as devidas revisões técnicas o projeto poderá ser dado como concluído.

Assim, para uma melhor compreensão da integração das técnicas e ferramentas em cada fase do ciclo DMAIC, pode-se observar a Tabela 2.3 que resume a informação acima descrita.

Tabela 2.3 - Objetivo, técnicas e ferramentas utilizadas nas diferentes fases do ciclo DMAIC

Fase	Objetivo	Deliverables	Técnicas e Ferramentas
<b>Definir</b> ( <i>Define</i> )	Determinar as bases do problema, o objetivo e o âmbito do projeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Project Charter</i></li> <li>▪ SIPOC</li> <li>▪ CTQ's prioritizados</li> <li>▪ <i>Stakeholder Analysis</i></li> <li>▪ <i>Business Case</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>The Fifteen Word Flipchart</i></li> <li>▪ VOC</li> <li>▪ Matriz CTQ</li> <li>▪ Diagrama em Árvore</li> <li>▪ Diagrama de Pareto</li> <li>▪ Diagrama de Gantt</li> <li>▪ Diagrama de Kano</li> <li>▪ Dentro e Fora de Alcance</li> <li>▪ SIPOC</li> <li>▪ <i>Stakeholder Analysis</i></li> </ul>
<b>Medir</b> ( <i>Measure</i> )	Avaliar a capacidade e estimar o nível Sigma do processo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mapa de processo</li> <li>▪ Lista das métricas de saída</li> <li>▪ Plano de recolha de dados</li> <li>▪ Nível Sigma do processo</li> <li>▪ <i>Project Charter</i> atualizado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Process Stapling</i></li> <li>▪ VSM</li> <li>▪ Diagrama <i>Swim Lanes</i></li> <li>▪ Diagrama de Causa-e-Efeito</li> <li>▪ Avaliação do sistema de medição</li> <li>▪ Estudo R&amp;R</li> <li>▪ Cartas de Controlo</li> </ul>
<b>Analisar</b> ( <i>Analyse</i> )	Encontrar as principais causas do problema	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lista de todas as causas possíveis</li> <li>▪ Diagrama de Causa-e-Efeito</li> <li>▪ Lista das causas fundamentais</li> <li>▪ <i>Business Case</i> atualizado</li> <li>▪ <i>Project Charter</i> atualizado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Brainstorming</i></li> <li>▪ Cartas de Controlo</li> <li>▪ Diagrama de Causa-e-Efeito</li> <li>▪ 5 <i>Why's</i></li> <li>▪ As 3 Janelas</li> <li>▪ Diagrama de Inter-relação</li> <li>▪ Diagrama de Pareto</li> </ul>
<b>Melhorar</b> ( <i>Improve</i> )	Encontrar a melhor solução e preparar a implementação	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lista das soluções possíveis</li> <li>▪ Solução ideal</li> <li>▪ Análise de Risco</li> <li>▪ Solução testada</li> <li>▪ <i>Business Case</i> e <i>Project Charter</i> atualizados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diagrama Matricial</li> <li>▪ Diagrama de Gantt</li> <li>▪ <i>Poke Yoke</i></li> <li>▪ 5S</li> <li>▪ SMED</li> <li>▪ <i>Kanbans</i></li> <li>▪ <i>Heijunka</i></li> <li>▪ Desenho de Experiências</li> <li>▪ AMFE</li> <li>▪ <i>Stakeholder Analysis</i></li> </ul>
<b>Controlar</b> ( <i>Control</i> )	Implementar a solução e controlar	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Plano de Controlo</li> <li>▪ Plano de implementação</li> <li>▪ Plano de Reação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Folhas de Procedimento</li> <li>▪ Cartas de Controlo</li> <li>▪ 5S</li> <li>▪ <i>Poke Yoke</i></li> <li>▪ <i>Box-Plot</i></li> <li>▪ Testes de hipótese</li> </ul>

### 2.3.3 Técnicas e ferramentas Lean Seis Sigma

Na secção que se segue serão abordadas algumas das técnicas e ferramentas utilizadas num projeto *Lean Seis Sigma*. Posteriormente no Capítulo 4, aquando da resolução do caso de estudo as ferramentas serão aplicadas num caso prático real.

Os leitores que desejarem aprofundar os conhecimentos teóricos relativos às técnicas e ferramentas descritas neste capítulo poderão recorrer às seguintes obras: George (2005); Pereira & Requeijo (2012); Pyzdek (2003).

#### 2.3.3.1 5S

A ferramenta 5S é aplicada com o propósito de manter os postos de trabalho organizados e limpos. Considerada a base da melhoria contínua, promove a isenção de erros e defeitos, a redução de custos e o aumento da segurança. A utilização da ferramenta 5S permite que os intervenientes distingam entre situações normais e situações invulgares, conduzindo ulteriormente, a uma melhoria significativa dos processos e dos produtos. A ferramenta assenta em cinco princípios originários do Japão descritos seguidamente (George, 2005):

- 1) Classificar (*Seiri*): Remover do posto de trabalho todos os artigos desnecessários para a realização das tarefas do operador.  
Segundo John et al. (2008), devem-se ordenar e classificar todos os materiais, ferramentas e utensílios de um posto de trabalho. Seguidamente e aplicando a ferramenta de etiquetagem *Red Tags* devem-se marcar os objetos como necessários ou desnecessários, de acordo com as conveniências do operador. Por fim, os objetos qualificados de desnecessários deverão ser totalmente eliminados do posto de trabalho.
- 2) Ordenar (*Seiton*): Organizar e identificar os artigos existentes num posto de trabalho de maneira a facilitar a sua utilização.  
Segundo (John et al., 2008), aplicando os princípios da economia do tempo e do movimento, devem-se organizar os objetos e alocá-los num sítio permanente e definitivo com o intuito de simplificar a sua utilização por parte de qualquer indivíduo.
- 3) Limpar (*Seiso*): processo de manter o posto de trabalho limpo, livre sujidade, impurezas ou qualquer material considerado de desperdício.  
Segundo John et al. (2008), uma vez que as áreas de trabalho precisam ser regularmente limpas, devem-se definir procedimentos para a limpeza periódica dos espaços bem como propor metas e agendar auditorias.
- 4) Padronizar (*Seiketsu*): criar um método consistente de como desempenhar as tarefas diárias do operador, incluindo a implementação dos três pontos referidos anteriormente. O objetivo da padronização passa por levar os intervenientes a executarem sempre as tarefas da maneira correta.
- 5) Sustentar (*Shitsuke*): Assegurar uma disciplina de melhoria contínua dentro da organização, de modo a que a implementação da ferramenta 5S alcance o sucesso no longo prazo.

Propõem-se auditorias regulares de forma a certificar que os procedimentos são realizados corretamente.

#### **2.3.3.2 5 Why's**

A ferramenta 5 *Why's* ou 5 Porquês é utilizada com o intuito de impulsionar os intervenientes a pensarem nas causas de um problema, ajudando a prevenir que as equipas fiquem satisfeitas com soluções superficiais que no longo prazo possam fracassar. Geralmente, esta ferramenta organiza-se da seguinte maneira:

- 1) Selecionar uma das causas e garantir que todos os envolvidos no projeto entendem o propósito dessa causa.
- 2) Perguntar “como é que o resultado apresentado ocorreu?”
- 3) Selecionar uma das razões encontradas na questão anterior e perguntar “porque é que o resultado apresentado ocorreu?”
- 4) Continuar colocando questões até que a causa raiz do problema seja identificada.

Por vezes existem problemas passíveis de serem resolvidos em duas questões, outros em que são colocadas mais do que cinco questões. Contudo, deve-se continuar a colocar sempre este tipo de questões até se encontrar uma causa possível de ser solucionada (George, 2005).

#### **2.3.3.3 Análise ABC**

Trata-se de um método analítico que permite classificar uma extensão de artigos em três grupos distintos (A = muito importante; B = importante; C = pouco importante) sendo que, por vezes e de acordo com certas necessidades, poderão ser utilizadas mais classes, passando então a denominar-se Análise ABCX. O objetivo prende-se em, de acordo com vários critérios, priorizar, gerir e controlar os artigos em questão, de maneira a otimizar os recursos envolvidos (Saint-Gobain Glass, 2011).

A análise baseia-se na Lei de Pareto, que diz que cerca de 20% dos fenómenos são responsáveis por 80% dos resultados. A aplicação prática da Lei de Pareto na Gestão de Stocks afirma que 20% do número total de artigos existentes em armazém corresponde aproximadamente a 80% do valor financeiro existente em *stock*.

Nesta análise verifica-se que a maior parte do valor investido em *stock* concentra-se num número reduzido de artigos, sendo também possível constatar quais são os artigos que apresentam uma menor rotatividade e que consequentemente deveriam ser eliminados (George, 2005).

Outra variante prática poderá ser a denominada Análise ABC cruzada, que se aplica nos casos em que se deseja comprovar o nível de equilíbrio de *stock* e dos respetivos dias de cobertura. Trata-se portanto de uma análise que pretende obter uma relação ótima entre o nível de *stock* e os respetivos custos de serviço (Saint-Gobain, 2011).

Primeiramente, os artigos são classificados de acordo as denominadas classes de cobertura de *stock*, que são categorias que traduzem a relação de cada artigo em função dos respetivos dias de



cobertura de *stock*. Assim, com esta nova abordagem pretende-se ulteriormente, gerar uma matriz que, em função da classificação ABC e das denominadas classes de cobertura de *stock* resuma o número de artigos e o valor financeiro imobilizado em armazém. As classes de *stock* estão divididas nas seguintes ordens:

- Muito baixa (classe 1);
- Baixa (classe 2);
- Média (classe 3);
- Alta (classe 4);
- Muito alta (classe 5);
- Extremamente alta (classe 6).

Artigos que pertençam à classe de cobertura de *stock* muito baixa (1) apresentam uma elevada probabilidade de rutura e são portanto assinalados na cor vermelha. Artigos que pertençam às classes média (3), alta (4), muito alta (5) e extremamente alta (6), e dependendo da respetiva classificação ABC são produtos que apresentam um elevado nível de *stock* em armazém e são deste modo assinalados a amarelo. Por sua vez, os artigos com nível de *stock* ajustado assinalam-se a verde. A Tabela 2.4 exemplifica uma matriz da Análise ABC cruzada (Saint-Gobain Glass, 2011).

Tabela 2.4 - Matriz da Análise ABC cruzada

ABC	Dados	Classe de cobertura de <i>stock</i>						Total
		Muito baixa (1)	Baixa (2)	Média (3)	Alta (4)	Muito alta (5)	Extrem. alta (>=6)	
A	<i>Stock</i> (€)	-	-	-	-	-	-	-
	Número de artigos	-	-	-	-	-	-	-
B	<i>Stock</i> (€)	-	-	-	-	-	-	-
	Número de artigos	-	-	-	-	-	-	-
C	<i>Stock</i> (€)	-	-	-	-	-	-	-
	Número de artigos	-	-	-	-	-	-	-
Valor imobilizado em <i>stock</i> (€)		-	-	-	-	-	-	-
Número total de artigos		-	-	-	-	-	-	-

#### 2.3.3.4 Brainstorming

O propósito do *Brainstorming* é gerar uma grande variedade de ideias à volta de um tópico. Geralmente realizado em grupos, permite estimular o pensamento criativo e assegura que as ideias

de todos os intervenientes de um projeto são consideradas. Comummente, junta-se a equipa e dá-se tempo para que cada interveniente possa formular individualmente as suas ideias relativamente ao problema em estudo. De seguida, o grupo discute conjuntamente as propostas e apresenta as devidas recomendações (George, 2005).

Outra opção será realizar um *Brainstorming* Negativo, elaborando uma lista de todos os acontecimentos devem ocorrer para que o projeto seja considerado desastroso. Com este método, as equipas conseguem identificar todos os possíveis erros a serem evitados.

#### **2.3.3.5 Diagrama em Árvore**

O Diagrama em Árvore é utilizado para estratificar e organizar informação numa hierarquia lógica. O objetivo é decompor um problema de alto nível de modo a que este se torne mais compreensível e consequentemente, mais simples de resolver. Ao ser detalhado, garantimos que as necessidades dos clientes são claramente entendidas por parte da empresa, fazendo com que a solução seja mais fácil de ser encontrada (Pyzdek, 2003).

#### **2.3.3.6 Diagrama de Causa-e-Efeito**

O Diagrama de Causa-e-Efeito, também conhecido como Diagrama de Ishikawa ou Diagrama em Espinha-de-Peixe dada a sua aparência com um peixe é uma representação gráfica que permite realizar um estudo mais profundo das causas potenciais que podem originar um problema. Trata-se de uma forma qualitativa de, com base nas ações de *Brainstorming* realizadas pela equipa *Lean Seis Sigma* de selecionar as causas que podem originar um determinado efeito. A construção do Diagrama de Causa-e-Efeito passa por definir com exatidão o problema a analisar, para que posteriormente, se possam identificar as causas e organizá-las de acordo com as categorias: mão-de-obra, equipamentos, materiais, meio ambiente, medições e métodos. A equipa deverá identificar o máximo de causas potenciais para o problema dentro de cada uma das categorias, podendo ramificar cada categoria até um máximo de quatro níveis. O Diagrama é completado tendo em conta que as causas de nível 2 (representadas por setas oblíquas) afetam as causas de nível 1 (representadas por setas horizontais), que por sua vez afetam diretamente a causa geral (Pereira & Requeijo, 2012)

#### **2.3.3.7 Diagrama de Interrelação**

O Diagrama de interrelação permite a identificação, análise e classificação das relações de causas-e-efeitos entre determinadas ideias, fatores ou requisitos. A partir dessas relações as equipas podem focar-se na força motriz do problema de modo a determinarem as soluções mais eficazes (Pyzdek, 2003).

O Diagrama de inter-relação começa por apresentar todas as ideias ou requisitos escritos numa folha de papel. Posteriormente, com o propósito de se desenharem relações lógicas entre tais requisitos utilizam-se setas. Aqueles fatores que apresentarem um maior número de setas de saída poderão ser considerados como causas principais do problema (Pereira & Requeijo, 2012).

#### **2.3.3.8 Diagrama Matricial**

O Diagrama Matricial procura estabelecer a relação entre duas ou mais variáveis, possibilitando definir quais as características mais preponderantes. As relações são frequentemente expressas numa matriz por meio de três símbolos, manifestando se a relação existente entre dois elementos é forte, média ou fraca. Posteriormente a cada um destes símbolos pode ser atribuído um peso, o que permitirá por meio de cálculos, determinar qual a variável com mais influência (Pereira & Requeijo, 2012).

#### **2.3.3.9 Diagrama de Pareto**

Considerado como uma das sete ferramentas básicas da qualidade, o Diagrama de Pareto é utilizado na identificação das fontes de problemas comuns num determinado processo (Forrest W. Breyfogle, 2003). Baseia-se no princípio de Vilfredo Pareto e foi adaptado à gestão da qualidade por Joseph Juran considerando que, 80% dos problemas existentes num processo são causados por 20% das causas possíveis de os provocar (Pereira & Requeijo, 2012).

Trata-se de um gráfico de frequências que ilustra a contribuição de cada causa para o problema em análise, facto que possibilita visualizar as fontes de determinado problema (Pereira & Requeijo, 2012). A sua representação gráfica é feita por meio de barras dispostas em ordem decrescente, sendo que cada barra representa uma causa potencial.

#### **2.3.3.10 Process Stapling**

Por vezes, na prática, os processos não se desenrolam da maneira que os gestores de topo os tinham idealizado. Com esse intuito, deve-se recorrer à ferramenta *Process Stapling*.

O *Process Stapling* é uma técnica utilizada com o intuito de se visualizarem uma série de atividades que compõem um processo. As equipas, por meio de fotografias ou vídeo, seguem o processo de montante a jusante, registando cada passo, possibilitando assim localizar as atividades de valor não acrescentado. Dada a sua simplicidade, o *Process Stapling* ajuda os intervenientes a entenderem os passos envolvidos no processo, a identificarem o fluxo de valor e as possíveis oportunidades de melhoria (Morgan & Brenig-Jones, 2012).

#### **2.3.3.11 Diagrama Swim Lanes**

O Diagrama *Swim Lanes*, também denominado de Diagrama de Piscinas é um fluxograma utilizado para estudar as atividades de um processo que flui através de diferentes intervenientes da organização. É especialmente útil para identificar as tarefas das diferentes partes envolvidas num processo.

Neste tipo de diagramas as atividades do processo atravessam as denominadas *lanes* (linhas), à medida que vão percorrendo os diferentes departamentos da organização. Trata-se de uma eficiente

ferramenta de visualização que permite que cada interveniente entenda claramente qual deverá ser o seu contributo (George, 2005)

#### **2.3.3.12 The Fifteen Word Flipchart**

Os intervenientes da equipa encarregados de elaborar o *Project Charter* redigem individualmente e em cerca de quinze palavras a descrição do problema e a declaração da meta. Seguidamente, a equipa reúne-se e em conjunto tenta identificar as palavras ou frases que devem ser incluídas na versão final do documento, de modo a que este fique claro para todos os intervenientes (Saint-Gobain Glass, 2011).

#### **2.3.3.13 Votação**

Trata-se de uma técnica normalmente utilizada para filtrar as causas do problema. Cada interveniente é convidado a votar nas três ou cinco causas que intuitivamente lhe parecem ser responsáveis pelo problema em análise. Posteriormente a equipa reúne-se e trata de filtrar as cinco causas mais votadas. Esta técnica é uma alternativa às ferramentas estatísticas e costuma ser utilizada quando existe uma grande experiência por parte dos intervenientes e quando se verifica a impossibilidade de recorrer a tais ferramentas (Saint-Gobain Glass, 2011).

### 3 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

---

O desenvolvimento do projeto de implementação da metodologia *Lean Seis Sigma* foi realizado em parceria com a vidreira Saint-Gobain Glass Portugal que prontamente se disponibilizou para enquadrar este estudo com as recorrentes práticas de melhoria contínua adotadas pela empresa.

Deste modo, o presente capítulo tem por objetivo dar a conhecer um pouco da história e das áreas de atuação da Saint-Gobain, assim como providenciar ao leitor uma breve compreensão dos procedimentos de gestão de armazenagem atualmente utilizados na empresa.

#### 3.1 O Grupo Saint-Gobain

Internacionalmente reconhecido como um dos 100 melhores grupos industriais, o Grupo Saint-Gobain é líder mundial na manufatura de artigos para o *habitat*, fabricando e distribuindo materiais de construção que, por meio das suas soluções inovadoras, acompanhem o rápido crescimento dos mercados.

Fundada em França no ano de 1665 com o nome de *La Compagnie des Glaces*, a Saint-Gobain tem vindo desde então a demonstrar a sua capacidade de inventar e desenvolver produtos que melhorem a qualidade de vida dos seus clientes. Um dado que comprova o elevado compromisso do grupo na inovação é o facto de que, 20% dos produtos fabricados na Saint-Gobain não existiam há cinco anos atrás.

Atualmente, a Saint-Gobain conta com mais de 193.000 colaboradores distribuídos por 64 países, sendo que, o volume de vendas relativamente ao ano 2012 atingiu os €43,2 mil milhões. Tratando-se de um Grupo descentralizado que atua em quatro diferentes sectores de atividade, cada sector é responsável por delinear a sua estratégia mundial, sendo que, delegações representam o Grupo nos países onde ele opera e coordenam as operações das várias subsidiárias.

Deste modo, a multinacional Francesa Saint-Gobain divide atualmente as suas atividades entre os seguintes sectores:

- Produtos e materiais de construção: isolantes acústicos e térmicos, revestimentos interiores e exteriores, coberturas, canalizações, tubos e telhas cerâmicas;
- Materiais inovadores: vidro plano, materiais cerâmicos, polímeros, plásticos e abrasivos;
- Distribuição de materiais de construção;
- Produtos de embalagem: comercialização de vidro de embalagem utilizada na indústria alimentar.

Globalmente, são mais de cento e quarenta produtos ou marcas comerciais que contribuem para o sucesso e desenvolvimento do grupo, entre os quais a Saint-Gobain Glass.

Assim, com o intuito de se tornar na referência dos sectores onde se insere, a Saint-Gobain tem claramente definida a sua visão, missão e objetivos (Figura 3.1).



Figura 3.1 – Visão, missão e objetivos da Saint-Gobain

### 3.2 Saint-Gobain Glass Portugal

A Divisão do Vidro do Grupo Saint-Gobain produz, transforma e comercializa os vidros destinados ao mercado da construção civil e da indústria automóvel. Contudo, fornece também vidros especiais para os sectores da aviação, eletrodomésticos, refrigeração comercial e para o sector ótico.

A 19 de Setembro de 1936 e fruto da fusão de sete fábricas é criada na localidade de Santa Iria de Azóia a unidade fabril da Covina – Companhia Vidreira Nacional - especializada na manufatura de vidro plano e seus afins pelo processo manual do cilindro soprado.

O sucesso da Covina, parcialmente sustentado por um aumento significativo do volume de produção, leva a que, no ano de 1962, 20% da empresa seja adquirida pelo Grupo Saint-Gobain, originando assim a criação da subsidiária Saint-Gobain Glass Portugal (SGGP). No ano de 1991, o Grupo Saint-Gobain era já detentor do restante capital da empresa.

A estratégia de fusão entre estas duas empresas mantém-se até à atualidade, sendo que, a partir do ano 2008 e consequência das dificuldades impostas pela crise financeira de que a economia mundial foi alvo, a Saint-Gobain Glass Portugal deixou de produzir e transformar o vidro, passando somente a servir de plataforma logística para a armazenagem, distribuição e comercialização de produtos provenientes das restantes fábricas europeias.

A Figura 3.2 ajuda a constatar a estrutura organizacional do Grupo Saint-Gobain. Pode-se facilmente visualizar os diferentes sectores de atividade, em particular o Polo do Vidro, do qual faz parte a Saint-Gobain Glass Portugal.

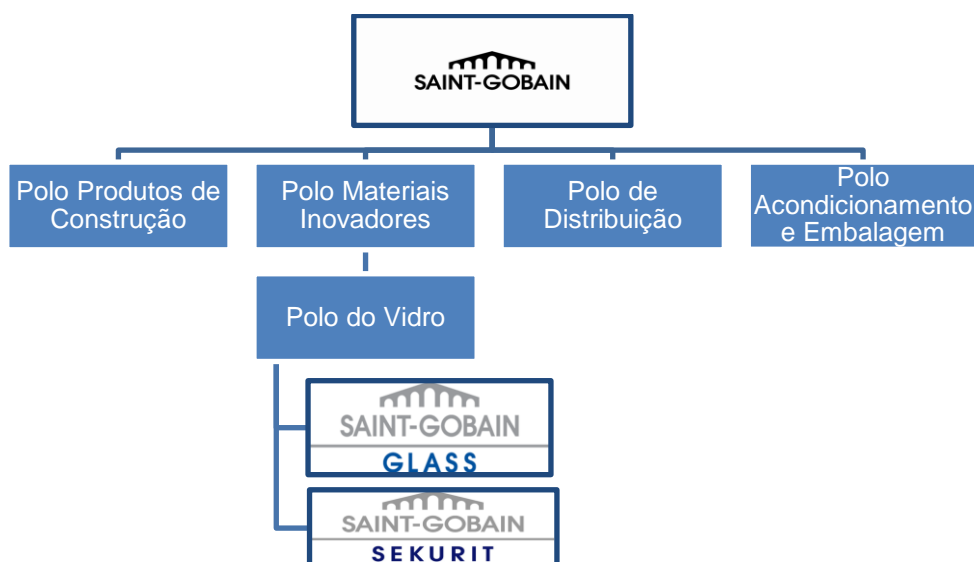


Figura 3.2 - Estrutura organizacional do Grupo Saint-Gobain

### 3.2.1 Funções do vidro

O vidro é o ofício de origem da Saint-Gobain. Trata-se de uma substância sólida e amorfa - maioritariamente composta por areia branca (sílica), soda (carbonato e sulfato), calcário e diversos óxidos, como por exemplo magnésio, melhoradores das propriedades físicas do vidro - utilizada quer no interior, quer no exterior de edifícios e que oferece luz e conforto aos mesmos. Tendo diversas aplicações, o vidro plano comercializado na Saint-Gobain Glass é ulteriormente utilizado com os seguintes propósitos:

- Isolamento acústico: proteção do ruído;
- Isolamento térmico: proteção do frio e do calor;
- Meio de segurança: proteção de bens materiais e de pessoas;
- Meio de aumentar a qualidade de vida: vidros de decoração, espelhos e azulejos.

Especializada na produção de chapa de vidro a Saint-Gobain Glass Portugal é atualmente responsável por comercializar, dentro das categorias de vidro simples e vidro duplo, cerca de setenta tipos de produtos diferentes, de acordo com as características e necessidades dos seus clientes.

### 3.2.2 O Processo produtivo

De acordo com a apresentação da empresa, ficou claro que a principal atividade de negócio da Saint-Gobain Glass Portugal é a comercialização de vidro plano. Apesar das linhas de produção na unidade fabril de Santa Iria de Azóia estarem desativadas, o processo produtivo do vidro não deixa de ser de extrema importância no âmbito desta dissertação. Deste modo, o mesmo processo divide-se fundamentalmente em duas fases: I) o processo de fabricação do vidro e II) o processo de transformação do vidro.

## **I) Processo de fabricação do vidro**

O processo utilizado na fabricação do vidro nas unidades industriais da Saint-Gobain Glass é o método *float*. Inicialmente, as matérias-primas são fundidas a temperaturas próximas de 1.550°C de modo a eliminar todas as impurezas e bolhas gasosas. O forno de fusão, contendo 2.000 toneladas de vidro em fusão sofre um aquecimento elétrico ou por meio de gás natural.

O vidro líquido é então vertido sobre um banho estanho fundido a cerca 1000°C até que este esteja perfeitamente plano e sem defeitos. À saída do banho de estanho, a lâmina de vidro agora rígida passa pelo recozimento, que é um túnel de arrefecimento controlado. A temperatura do vidro vai descendo gradualmente até 250°C, seguindo-se então um arrefecimento mais lento ao ar livre. Isto permite a libertação das tensões residuais no vidro, facilitando as operações subsequentes de corte.

Em seguida, a lâmina de vidro frio, até este ponto uma peça em contínuo, é cortada automaticamente em chapas com dimensões máximas de 6000 x 3210 mm ou 3210 x 2000 mm.

Assim, uma vez concluídas as operações acima descritas, o vidro plano está pronto para ser transformado em aplicações maioritariamente utilizadas nos mercados da construção civil e da indústria automóvel.

## **II) Processo de transformação do vidro**

O vidro plano pode por sua vez sofrer transformações que lhe conferem funções térmicas, acústicas, estéticas ou de segurança. Na Saint-Gobain Glass diferentes tipos de processos podem ser utilizados, sendo que os principais podem ser descritos da seguinte forma:

- Vidro Temperado: Descoberto nos laboratórios da Saint-Gobain no ano de 1929, a tempera, também designada Securit, é um processo que consiste no aquecimento do vidro em torno de 600°C e no seu rápido resfriamento, de modo a aumentar a sua resistência. Trata-se de um produto geralmente utilizado na indústria automóvel, visto que após um violento impacto este fratura-se em pequenos pedaços não cortantes;
- Vidro Laminado: Inventado em 1909 sob o nome de triplex, o processo consiste em colocar um intercalar de PVB (butiral de polivinil) entre duas chapas de vidro. Após um impacto, este vidro mantém os seus pedaços no lugar. Este processo de resistência aos impactos é utilizado em edifícios e também na fabricação dos para-brisas dos automóveis;
- Vidro Duplo: Utilizado no isolamento térmico, acústico e no controlo solar, o vidro duplo apresenta uma resistência e uma proteção superior ao vidro clássico. Uma vez cortadas e manufaturadas, as chapas de vidro são lavadas e secas de modo a evitar impurezas. De seguida efetua-se a montagem manual onde, uma barreira metálica ou outro material equivalente contendo desidratantes que absorvem a humidade do ar é colocada entre os dois vidros, sendo que os bordos são cobertos na sua totalidade com enchimento de butiral. Uma segunda barreira é injetada para um revestimento automático á volta do vidro duplo, sendo que após este passo o vidro encontra-se pronto para ser armazenado;



- Vidro Espelhado: Trata-se de um produto maioritariamente decorativo. A operação da espelhagem consiste em depositar uma capa metálica reflectante sobre o vidro, que em combinação com uma projecção de protocioreto de estanho prepara a película do espelho;
- Vidro Curvo: Criado especialmente para a construção do Palácio de Versalhes, o vidro curvo é uma chapa de vidro recozido por aquecimento até ao ponto de amolecimento a 500°C. Uma vez no forno, este é posicionado horizontalmente sobre um molde côncavo ou convexo a fim de tomar a forma desejada;
- Vidro Fosado: Frequentemente utilizado com fins decorativos, consiste em atacar a chapa de vidro por meio de jatos de ácido fluorídrico. Conforme a concentração de ácido e a duração da operação, o aspeto do vidro despolido irá variar, o que concederá uma aparência acetinada perfeitamente homogénea.

### 3.2.3 Logística e armazenagem de produtos

O bom desempenho dos vidros depende também em grande parte das favoráveis condições de armazenagem. Enquanto esperam a transformação, montagem ou comercialização, os vidros são armazenados com condições apropriadas de forma a evitar riscos de degradação de dois tipos:

- Química: irização devido à humidade originada pela chuva ou por condensação;
- Mecânica: acidentes ou roturas que ocorram na superfície.

Assim, na SGGP, após a receção, os vidros que apresentem vestígios de humidade devido a variações de temperatura são lavados e secos.

O armazém de Santa Iria de Azóia é um local coberto, fechado e seco, sendo mesmo aquecido durante a estação fria até uma temperatura mínima de 10°C, podendo ser arejado durante o dia quando faz bom tempo. Trata-se de um local mantido ao abrigo de poeiras exteriores ou outras poeiras abrasivas.

Por sua vez, os vidros são armazenados sobre cavaletes com uma inclinação de 6% relativamente à vertical e devidamente forrados com materiais macios (feltro ou neoprene). O espaçamento entre os cavaletes é variável, sendo sempre o suficiente para permitir a livre circulação, sem risco de ocorrência de acidentes na superfície dos vidros (Figura 3.3).

Em geral, é importante assegurar a melhor rotação possível dos vidros em *stock*. Os tempos de armazenagem variam de acordo com as características e a natureza dos produtos e são definidos a partir da data de receção do vidro no armazém e a sua entrega ao cliente. Consequentemente, o sistema adotado é do tipo FIFO (*First in – First out*).

### 3.2.4 Regulamentação e compromisso com a qualidade

No ano de 1992 a Saint-Gobain Glass Portugal obteve a certificação do seu Sistema de Qualidade. Este sistema de qualidade veio garantir aos clientes o fornecimento de vidros e produtos derivados de

qualidade. Articulando-se em torno de diferentes meios de atividade, o Sistema de Qualidade apoia-se sobre três eixos orientadores:

- As exigências dos clientes;
- Os cadernos de encargos internos do Grupo;
- O controlo dos diversos processos internos.

A SGGP integra no seu Sistema de Qualidade todas as medidas necessárias para garantir a conformidade dos seus produtos relativamente às exigências das normas europeias harmonizadas (hEN), evidenciando também a marcação CE.

Em 2002, o auditor independente APCER validou a conformidade da Saint-Gobain Glass Portugal com a norma ISO 9001/2000. Esta certificação apoia-se na Gestão da Qualidade por objetivos e incide maioritariamente sobre três níveis de atuação:

- O respeito pela conformidade do produto;
- A garantia da satisfação do cliente;
- A melhoria contínua da qualidade.

Assim, a procura incessante pela melhoria contínua requer atualmente um grande interesse por parte da organização, tornando-se uma aposta regular dentro do Grupo através de várias práticas, sendo que uma delas é o *Lean Seis Sigma*.



Figura 3.3 - Visualização dos cavaletes e do armazém

## 4 CASO DE ESTUDO

---

O caso de estudo desta dissertação trata da aplicação da metodologia *Lean Seis Sigma* na otimização do nível de *stocks* da unidade fabril da Saint-Gobain Glass em Santa Iria de Azóia.

O desenvolvimento prático do projeto, que teve como base a utilização do ciclo DMAIC, centrou-se na apresentação e implementação de propostas de melhoria com o intuito de solucionar os problemas encontrados e assim alcançar os objetivos delineados.

### 4.1 Fase Definir (Define)

A primeira fase do ciclo DMAIC é crucial para que o sucesso possa ser alcançado. Consiste em, dentro de um conjunto de possibilidades, escolher e definir o projeto que irá ser alvo de melhoria. Para tal, a equipa deverá descrever o problema que pretende resolver, definir o seu estado atual e a meta a atingir. A Tabela 4.1 apresenta as cinco etapas seguidas nesta primeira fase, bem como as ferramentas utilizadas em cada uma delas.

Tabela 4.1 - Síntese das etapas da fase Definir

Fase Definir	
Etapas	Técnicas e ferramentas
I) Identificar o problema, objetivos e âmbito	<i>Project Charter</i>
II) Identificar o processo condutor	SIPOC
III) Identificar e priorizar as necessidades dos clientes	VOC e CTQ's
IV) Preparar o projeto para o êxito	Diagrama de Gantt
V) Realizar <i>Business Case</i> e atualizar <i>Project Charter</i>	ROSS <i>Project Charter</i> atualizado

#### 4.1.1 Identificar o problema, objetivos e âmbito

Em primeiro lugar e depois de definida a equipa responsável pelo projeto (Tabela 4.2), foi necessário identificar o problema que iria ser alvo de melhoria. Como referido previamente, a Direção da Fábrica da Saint-Gobain Glass Portugal (SGGP) resolveu focar o projeto *Lean Seis Sigma* na avaliação e redução do nível de *stock* em armazém, dado o elevado capital imobilizado.

Assim, uma vez selecionado o projeto, foi elaborado o *Project Charter*, a primeira declaração oficial do projeto que possibilitou a todos os elementos internos e externos compreenderem qual a missão e objetivos a serem atingidos. Um primeiro esboço desta declaração pode ser observado na Tabela 4.3. Nela constam entre outros, os objetivos, missão e âmbito do projeto.

Tabela 4.2 - Membros da equipa de melhoria contínua

Equipa <i>Lean Seis Sigma</i>				Comparência às reuniões				
Nome	Título	Cargo na empresa	Funções	1 Abr.	8 Abr.	15 Abr.	22 Abr.	29 Abr.
Interveniente 1	<i>Sponsor</i>	Responsável Logística e Armazenagem	Validar dados, cálculos e implementações a tomar	x	x	x		
Rui Abreu	<i>Master Black Belt</i>	Responsável de Melhoria Contínua	Assegurar as práticas de melhoria contínua	x	x	x		
Interveniente 2	<i>Green Belt</i>	Responsável de Armazém	Implementar conceitos e ferramentas	x	x	x		
Interveniente 3	<i>Green Belt</i>	Departamento Comercial	Ajustar a realidade comercial; Conjugar esforços entre departamentos	x	x	x		
Francisco Ferrão	<i>Green Belt</i>	Estagiário	Assistência técnica e operacional	x	x	x		

#### 4.1.2 Identificar o processo condutor

Numa segunda etapa da fase Definir, a fim de melhor se entender o processo condutor em questão, recorreu-se ao diagrama SIPOC (Tabela 4.4).

O diagrama SIPOC ajudou a equipa a definir o processo onde se centrou o projeto *Lean Seis Sigma*. Neste caso, o fornecedor e o cliente são a mesma entidade visto que são as empresas interessadas em comprar vidro plano que fornecem os dados necessários ao pedido de cada encomenda.

Deste modo, a coluna referente ao processo apresenta sucintamente e por passos o objetivo principal deste caso de estudo, ou seja, a eliminação dos *stocks* imobilizados e não ajustados à realidade comercial, de maneira que à saída (output) do processo se verifique uma redução dos *stocks* e um ajuste da carta de serviço.

#### 4.1.3 Identificar e priorizar as necessidades dos clientes

A identificação das necessidades dos clientes foi efetuada através da ferramenta *Voice of Customer* (VOC), recorrendo-se para tal a investigações internas e à observação dos clientes. Uma vez reunidos os comentários dos clientes, que se traduziram nas expectativas e necessidades dos mesmos, tornou-se fundamental traduzir esses mesmos comentários em requisitos críticos da qualidade, os denominados CTQ's (*Critical to Quality*).

Assim, no processo em estudo foram identificados dois tipos de clientes internos: a direção de fábrica e a área logística; bem como um cliente externo, o denominado consumidor. Deste modo, a Tabela 4.5 apresenta a transformação de algumas das questões-chave em CTQ's.

Tabela 4.3 - Project Charter



		Projeto <i>Lean Seis Sigma</i> Saint-Gobain Glass Portugal			
Título do projeto			Departamentos envolvidos		
Otimização do nível de <i>stock</i> e coberturas aplicando a metodologia <i>Lean Seis Sigma</i>			Logística e Armazém de vidro da unidade de Santa Iria de Azóia		
Descrição do problema			Horário das reuniões		
<ul style="list-style-type: none"><li>- Atualmente não existe uma ideia clara dos <i>stocks</i> e respetivas coberturas de cada produto que devem ser mantidos em armazém;</li><li>- Reduzida rotatividade do <i>stock</i> em armazém;</li><li>- <i>Stocks</i> desajustados à realidade comercial.</li></ul>			Todas as Segundas-feiras pelas 11h00		
Cliente interno ( <i>Sponsor</i> do projeto)	Master <i>Black Belts</i> envolvidos		Green <i>Belts</i> envolvidos		
<ul style="list-style-type: none"><li>- Interveniente 1</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Rui Abreu</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>- Interveniente 2</li><li>- Interveniente 3</li><li>- Francisco Ferrão</li></ul>		
Missão do projeto			Âmbito do projeto		
<ul style="list-style-type: none"><li>- Reduzir o tempo do vidro plano em armazém aplicando o ciclo DMAIC;</li><li>- Utilizando a análise ABC, controlar o nível de <i>stocks</i> de modo a evitar ruturas;</li><li>- Reduzir os custos de armazenagem.</li></ul>			<ul style="list-style-type: none"><li>- Otimização do armazém de vidro plano de Santa Iria de Azóia;</li><li>- Toda a gama de produtos comercializados no armazém de Santa Iria, excluindo o vidro plano da Saint-Gobain Sekurit.</li></ul>		
Restrições e suposições			Definição da meta		
Cada encomenda efetuada pelo cliente implica a chegada de um lote vindo de uma das diversas unidades fabris europeias, independentemente da quantidade desejada			<ul style="list-style-type: none"><li>- Eliminar os <i>stocks</i> obsoletos;</li><li>- Reduzir o valor financeiro dos <i>stocks</i> armazenados.</li></ul>		
Análise de risco do projeto					
Risco:			Estratégia de Mitigação:		
<ul style="list-style-type: none"><li>- Não reduzir <i>stocks</i>;</li><li>- Não cumprir datas inicialmente estipuladas;</li><li>- Não seguir as políticas da empresa.</li></ul>			<ul style="list-style-type: none"><li>- Apresentar resultados à área comercial e trabalhar em sintonia;</li><li>- Completar o projeto até final de Fevereiro 2014;</li><li>- Estar ao corrente das estratégias da empresa.</li></ul>		
Nível Sigma do projeto					
Situação inicial: <b>Por definir</b>			Meta: <b>Por definir</b>		

Tabela 4.4 – Diagrama SIPOC do processo

<b>Fornecedores (Suppliers)</b>	<b>Entradas (Inputs)</b>	<b>Processo (Process)</b>	<b>Saídas (Outputs)</b>	<b>Clientes (Customers)</b>
Clientes / empresas que comprem vidro plano	Pedido de uma encomenda de determinada gama de produto	Receber pedido de uma encomenda	Ficheiro com os pedidos ( <i>software</i> SAP)	Área logística
Área logística	Ficheiro com os pedidos ( <i>software</i> SAP)	Apresentar orçamento e <i>lead time</i> por produtos selecionados	Ficheiro com produtos, pedidos, orçamento e <i>lead times</i>	Área logística
Área logística	Ficheiro com produtos, pedidos, orçamento e <i>lead times</i>	Definir e identificar os produtos por classes (análise ABC)	Produtos definidos por classes	Direção de fábrica
Direção de fábrica	Produtos definidos por classes	Eliminar <i>stocks</i> não ajustados (imobilizado)	<i>Stocks</i> ajustados à carta de serviço	Clientes internos

Tabela 4.5 - Necessidades dos clientes e respetivas CTQ's

Cliente	VOC	Questões-chave	CTQ's
Direção de fábrica	“Precisamos com brevidade de reduzir os <i>stocks</i> de produtos acabados”	<i>Stocks</i> elevados em armazém	Reduzir <i>stocks</i> e ajustar à realidade comercial
Área logística	“É necessário otimizar os <i>stocks</i> em armazém para melhor responder às necessidades dos clientes”	<i>Stocks</i> e taxa de cobertura elevados	Reduzir <i>stocks</i> e ajustar à realidade comercial
Consumidor	“ Não pretendo ser confrontado com ruturas de <i>stock</i> nem com elevados prazos de entrega”	Ruturas de <i>stock</i> e elevados prazos de entrega	Criar <i>stocks</i> de segurança; Reduzir prazos de entrega

#### 4.1.4 Preparar o projeto para o êxito

Uma vez alcançada a penúltima etapa da fase Definir, torna-se necessário efetuar um planeamento do projeto de modo a que por meio de uma estimativa se possam gerir temporalmente as datas de início e de fim das principais atividades. Como se pode verificar através da Figura 4.1, o projeto *Lean Seis Sigma* começou muito antes do Estágio na SGGP, com a pesquisa bibliográfica realizada pelo autor e com a formação providenciada pela empresa. A utilização do Diagrama de Gantt veio por este meio auxiliar a equipa a delinear os objetivos a atingir durante cada fase, com o intuito de controlar o projeto e o respetivo prazo de entrega.

Porém, o planeamento efetuado não é mais do que uma previsão dos intervenientes, tendo em conta os prazos impostos pelo *Sponsor* do projeto. Dadas as incertezas associadas a um projeto desta natureza, os prazos delineados poderão sofrer algum desvio.

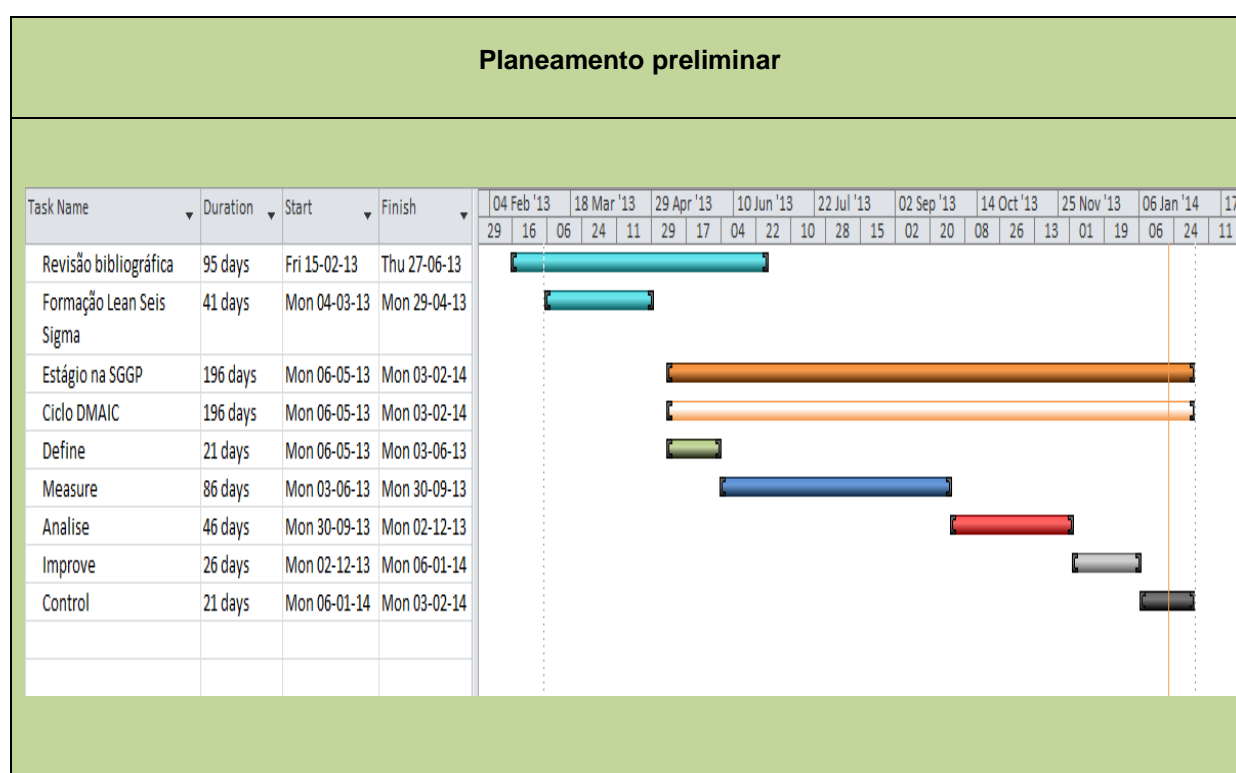


Figura 4.1 - Diagrama de Gantt preliminar do projeto

#### 4.1.5 Realizar o Business Case e atualizar o Project Charter

De modo a finalizar a fase Definir elaborou-se o *Return on Six Sigma* (ROSS), um estruturado documento que serviu para averiguar se as questões-chave associadas ao projeto estavam perfeitamente entendidas e delineadas (Tabela 4.6). Tratando-se de um projeto com algum nível de complexidade, o presente documento possibilitou que todos os intervenientes pudessem ter uma última perspetiva dos objetivos a alcançar, assim como dos inconvenientes em os completar.

Tabela 4.6 - ROSS da fase Definir

<b>Por que razões vale a pena levar a cabo o projeto?</b>
Nível de <i>stock</i> e coberturas muito elevado no armazém de Santa Iria.
<b>Porque é conveniente realizá-lo agora?</b>
Necessidades impostas pela direção de fábrica que pretende reduzir o capital imobilizado.
<b>Quais seriam as consequências de não realizá-lo?</b>
Não cumprir com as especificações apresentadas na carta de serviço.
<b>Como encaixa na atual estratégia empresarial?</b>
Adequa-se na estratégia dado que se trata de uma empresa com forte investimento nas práticas de melhoria contínua de processos.
<b>Quais são os benefícios económicos previstos?</b>
Reduzir em 100.000€ o valor financeiro investido em <i>stock</i> .

## 4.2 Fase Medir (Measure)

A fase Medir teve como principal objetivo avaliar o desempenho do processo em estudo. Deste modo, foi fundamental recolher informação para que esta pudesse ser analisada posteriormente. O conjunto de passos realizados nesta fase está detalhado na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 - Síntese das etapas da fase Medir

<b>Fase Medir</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Técnicas e ferramentas</b>
I) Mapeamento do processo	<i>Swim lanes</i>
II) Identificar a métrica de saída do processo	Diagrama Matricial
III) Recolher dados válidos	Recolha de dados
IV) Avaliar a capacidade do processo	Análise ABC Cálculo do nível Sigma Avaliação do potencial de melhoria
V) Definir a meta e atualizar o <i>Project Charter</i>	<i>Project Charter</i> atualizado

### 4.2.1 Mapeamento do Processo

O mapeamento do processo foi de extrema importância para que a equipa pudesse averiguar detalhadamente a realidade atual do mesmo e para que posteriormente pudessem ser identificadas as atividades de valor não acrescentado e desse modo propostas as devidas melhorias. Nesse sentido, foi elaborado um mapa de processo que detalhasse mais pormenorizadamente o que fora previamente apresentado no diagrama SIPOC, onde o processo havia sido descrito sucintamente.



Deste modo, recorreu-se ao Diagrama *Swim Lanes* que neste caso particular permitiu clarificar e distinguir os diversos departamentos envolvidos e as respetivas responsabilidades (Figura 4.2).

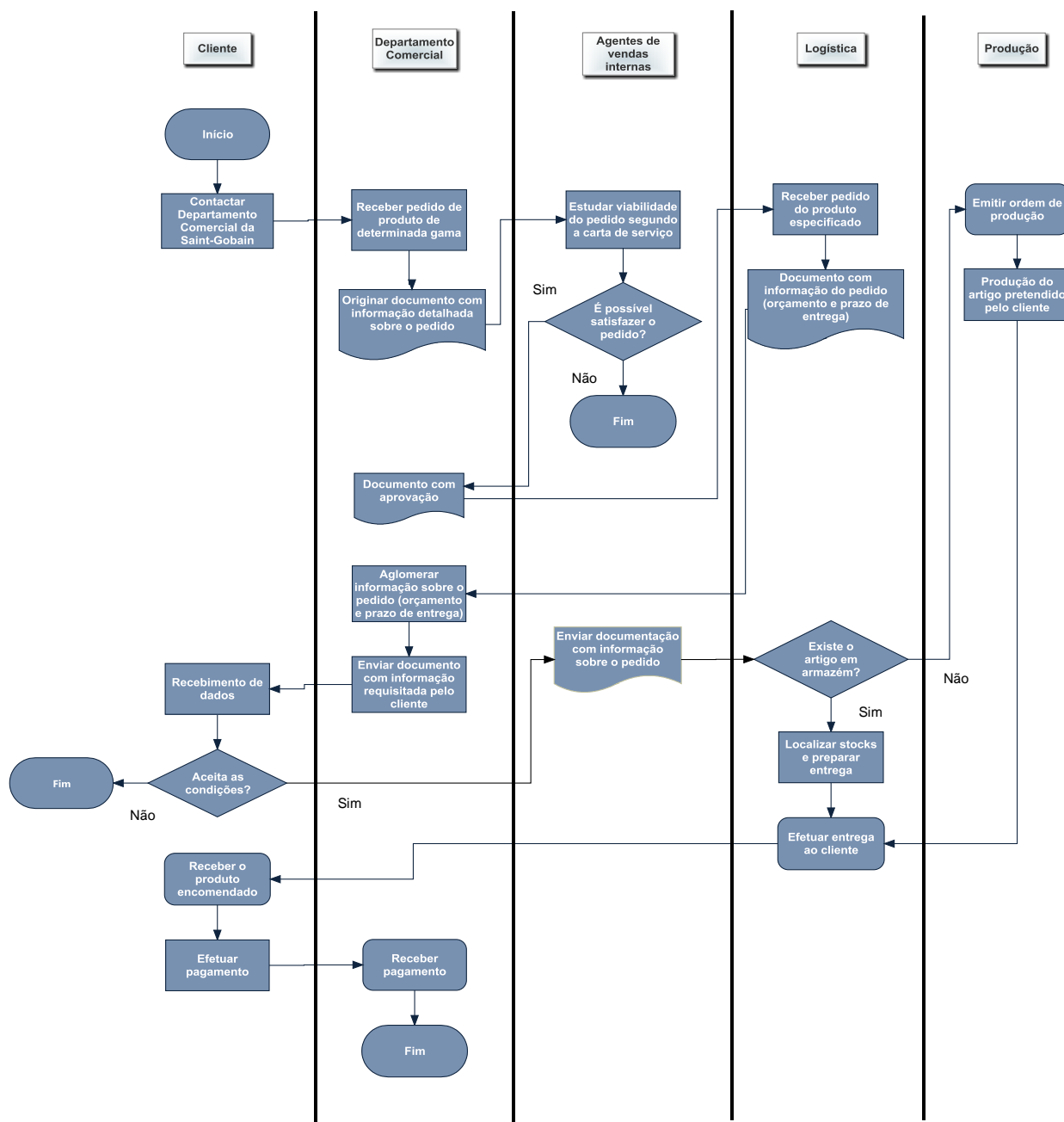


Figura 4.2 – Diagrama *Swim Lanes* do projeto

#### 4.2.2 Identificar a métrica de saída do processo

Nesta fase torna-se necessário identificar as variáveis de saída do processo que estão relacionadas com os CTQ's. Trata-se de definir para cada característica crítica da qualidade, uma variável que posteriormente possa ser medida. Para tal foi necessário ajustar a linguagem das CTQ's como se pode verificar pela Tabela 4.8.













Tabela 4.8 – Tradução das CTQ's em métricas de saída

Cliente	CTQ's	Métrica de saída Y
Direção de fábrica	I. Reduzir <i>stocks</i> ; II. Ajustar <i>stocks</i> à realidade comercial.	I. Redução do nível de <i>stock</i> de produto acabado; II. Ajustar nível de <i>stock</i> à realidade comercial.
Área logística	III. Reduzir <i>stocks</i> ; IV. Ajustar à realidade comercial.	III. Redução do nível de <i>stock</i> de produto acabado IV. Ajustar nível de <i>stock</i> à realidade comercial;
Consumidor	V. Criar <i>stocks</i> de segurança; VI. Reduzir prazos de entrega.	V. Nível de <i>stock</i> de segurança ajustado para cada produto; VI. Reduzir prazos de entrega e ajustar carta de serviço à realidade comercial.

Uma vez definidas as métricas de saída do processo, foi necessário selecionar aquela que irá ser futuramente analisada, dado que cada projeto *Lean Seis Sigma* é responsável por melhorar uma só métrica de saída. O Diagrama Matricial foi a ferramenta escolhida para avaliar a relação entre as métricas de saída a adotar e os objetivos a alcançar neste projeto. As quatro métricas apresentadas na Tabela 4.9 foram relacionadas com a meta ou objetivos delineados anteriormente no *Project Charter*. As relações de intensidade consideradas neste diagrama foram as seguintes:

-  Relação forte;  
 Relação média;  
 Relação fraca.

Tabela 4.9 – Diagrama Matricial das métricas de saída

Métricas de saída	Meta / objetivos		
	Rotatividade dos <i>stocks</i>	Reduzir custos de armazenagem	Controlar nível de <i>stock</i> de modo a evitar ruturas
Redução do nível de <i>stock</i> de produto acabado	↑ 	↑ 	
Ajustar nível de <i>stock</i> à realidade comercial	↑ 		
Criar <i>stocks</i> de segurança para cada referência de produto			
Reduzir tempo de entrega e ajustar carta de serviço		↑ 	

Deste modo, e de acordo com o diagrama matricial, a métrica 'Redução do nível de *stock* de produto acabado' tem uma elevada preponderância nos objetivos delineados no *Project Charter*.

#### 4.2.3 Recolher dados válidos

Os dados relativos a cada referência e família de produtos foram obtidos através do sistema SAP e complementados com um plano de recolha de dados utilizado ao nível do chão de fábrica.

Primeiramente, efetuou-se um levantamento do histórico das expedições dos meses de Janeiro a Outubro de 2013, sendo que posteriormente foi verificado o nível de *stock* para cada um dos artigos na data em estudo, isto é, no início da segunda quinzena de Novembro de 2013. A Tabela 4.10 apresenta os dados históricos recolhidos para 6 dos 220 artigos presentes em armazém. De maneira a simplificar os valores recolhidos, dados adicionais do total das expedições e do nível de *stocks* podem ser consultados no Anexo A.

Tabela 4.10 – Excerto do levantamento de dados históricos recolhidos com base nas expedições

Designação Comercial	Jan. (Tons.)	Fev. (Tons.)	Mar(Tons.)	Abr. (Tons.)	Mai. (Tons.)	Jun. (Tons.)	Jul. (Tons.)	Ago. (Tons.)	Set. (Tons.)	Out. (Tons.)	Total (Tons.)	Min. (mês)	Max. (mês)	Min. (dia)	Max. (dia)	Nível Stocks 15/11/2013
SGG 3	-	-	-	-	2,90	-	11,60	-	-	-	14,51	2,90	11,60	0,15	0,58	2,90
SGG 5	-	1,93	1,16	-	2,71	-	-	-	-	-	5,80	1,16	2,71	0,06	0,14	6,96
SGG 6	-	-	2,90	-	-	-	-	2,90	5,80	-	11,60	2,90	5,80	0,15	0,29	11,60
SGG 7	2,84	-	8,53	5,69	14,22	5,69	8,05	2,84	-	11,37	59,23	2,84	14,22	0,14	0,71	8,53
SGG 9	16,54	5,70	2,85	5,70	25,67	5,70	14,26	-	5,70	15,12	97,25	2,85	25,67	0,71	6,42	21,11
SGG 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,38	0,38	0,38	0,38	0,10	0,10	0,86

#### 4.2.4 Avaliar a capacidade do processo

##### Análise ABC

Após recolha e tratamento de dados, procedeu-se à Análise ABC de maneira a obter-se uma visualização mais estruturada da situação atual do nível de *stocks*, assim como com o intuito de evidenciar os artigos que deveriam ser alvo de uma maior atenção por parte da área Logística. Para tal, foram tidos em consideração os consumos em toneladas relativamente aos meses de Janeiro a Outubro do ano civil de 2013, a média diária das expedições de cada artigo, o nível de *stock* no início

da segunda quinzena de Novembro, assim como o preço de venda de cada artigo (em €/tonelada). Deste modo, o valor financeiro investido em *stock* é dado pela multiplicação dos dois fatores anteriormente descritos.

O critério utilizado para a classificação dos artigos foi, como referido anteriormente, o valor das expedições em toneladas dos artigos comercializados, mais concretamente a média diária das expedições. Assim sendo, juntamente com o Departamento Logístico definiram-se as seguintes classes:

- **Classe A** > 0,65 Toneladas/dia;
- 0,15 Toneladas/dia < **Classe B** < 0,65 Toneladas/dia;
- **Classe C** < 0,15 Toneladas/dia.

Paralelamente à classificação dos artigos em A, B e C, foi também efetuada uma classificação dos dias de cobertura de *stock* de acordo com os seguintes níveis de importância:

- **Classe 1** – Muito baixa;
- **Classe 2** - Baixa;
- **Classe 3** – Média;
- **Classe 4** – Alta;
- **Classe 5** – Muito alta;
- **Classe >=6** – Extremamente alta;

A título de exemplo, um artigo pertence à classe de cobertura de *stock* muito baixa (1), ou seja tem um nível de *stock* muito baixo, se os dias de cobertura de *stock* forem inferiores ao *stock* de segurança, constatando-se que nestes casos, dever-se-ão aumentar os *stocks* em armazém, sob risco de rutura dos mesmos.

De acordo com Saint-Gobain Glass (2011), o cálculo para a obtenção das restantes classes de cobertura de *stock* é dado pelo valor truncado do resultado da equação (4.1).

$$\text{Classe de cobertura de stock} = \frac{\text{Dias de cobertura de stock}}{\text{Ponto de encomenda}} + 2 \quad (4.1)$$

Assim, os artigos pertencentes à classe 4, classe 5 e classe 6 (ou a classes de *stock* superiores) são artigos para os quais se verificou, no horizonte temporal estudado, um elevado nível de *stock* em toneladas, em comparação com a sua reduzida média diária de expedições. Deste modo, o nível de *stock* dos artigos referentes a estas classes deverá ser reduzido ou até mesmo eliminado, sempre que os prazos de entrega ao cliente não forem baixos, passando os ditos artigos a serem processados de acordo com as encomendas (MTO).

Paralelamente à definição das classes de cobertura *stock* foi definido o *stock* de segurança e o ponto de encomenda relativamente a cada artigo comercializado. O *stock* de segurança foi calculado tendo em conta o valor máximo de toneladas expedidas num dos meses do horizonte temporal estudado - Janeiro a Outubro - e assumindo um nível de confiança de 95%. Por sua vez, o ponto de encomenda

foi calculado tendo em conta o *stock* de segurança, a média diária de expedições e o *lead time*, como se pode verificar na equação (4.2).

$$\text{Ponto de encomenda} = \text{Stock Segurança} + (\text{Lead Time} \times \text{Média Diária de Expedições}) \quad (4.2)$$

Dado que a informação resultante é muito extensa, optou-se por apresentar apenas um excerto dos dados obtidos. Na Tabela 4.11 é possível visualizar, para um excerto de 6 artigos, o total expedido em toneladas durante os meses de Janeiro a Outubro, o nível de *stock* existente em armazém no início da segunda quinzena de Novembro, o preço de venda (€/Ton.), o *lead time*, o stock de segurança em toneladas e em dias, o ponto de encomenda em toneladas e em dias, os dias de cobertura de *stock* e por fim, a respetiva classe de cobertura. Dados adicionais poderão ser consultados no Anexo A.

A título de exemplo, o valor máximo expedido para o artigo SGG 3 foram 11,60 toneladas no mês de Julho. Deste modo, assumindo o nível de confiança de 95%, o *stock* de segurança para o artigo em questão vem da equação (4.3)

$$\text{Stock segurança} = \frac{0,95 \times 11,60 \text{ toneladas/mês}}{30 \text{ dias}} = 0,367 \text{ toneladas/dia} \quad (4.3)$$

Tabela 4.11 – Parâmetros calculados com base no histórico das expedições

Designação comercial	Total Exp. (Ton.)	Média Diária Exp. (Tons.)	Stocks 15/11/2013	Preço de venda (€/ Ton.)	T.Produção (Stock/ Pedido)	Lead Time (dias)	3-sigma (100%)	2-sigma (>95%)	1-sigma (>68%)	Stock Segur. (Tons.)	Stock Segur. (dias)	ReOrder Point (Tons.)	ReOrder Point (Dias)	Stock (Dias)	Classe de Stock
SGG 3	14,51	0,05	2,90	409,96	S	1	11,60	11,02	7,89	0,367	7,60	0,42	8,60	60	8
SGG 5	5,80	0,02	6,96	412,40	S	1	2,71	2,57	1,84	0,086	4,43	0,11	5,43	360	68
SGG 6	11,60	0,04	11,60	440,64	S	1	5,80	5,51	3,95	0,184	4,75	0,22	5,75	300	54
SGG 7	59,23	0,20	8,53	446,22	S	1	14,22	13,50	9,67	0,450	2,28	0,65	3,28	43	15
SGG9	97,25	0,32	21,11	441,96	S	1	25,67	24,38	17,45	0,813	2,51	1,14	3,51	65	20
SGG 10	0,38	0,001	0,86	471,70	S	1	0,38	0,36	0,26	0,012	9,50	0,01	10,50	675	66

Por sua vez, a partir dos resultados obtidos através da Tabela 4.11 foi possível agrupar os artigos tendo em conta o valor total acumulado das toneladas expedidas durante os meses de Janeiro a Outubro, a média diária de expedições em toneladas, o nível de *stock* existente em armazém no dia 15 de Novembro de 2013, o preço de venda de cada artigo e o respetivo valor financeiro investido em *stock*. Deste modo, partir da média diária de expedições e tendo em conta os critérios previamente definidos foi possível classificar os artigos de acordo com A, B e C (Tabela 4.12). Dados adicionais poderão ser consultados no Anexo B.

Na Tabela 4.12, onde são apresentados os cinco primeiros artigos de cada classe, está também exposta a classe de cobertura de *stock* dos artigos. A partir do respetivo valor é possível saber se o artigo em questão tem o nível de *stock* baixo (classe 1) e consequentemente está em risco de rutura (ex: SGG 190), ou se por outro lado o seu nível de *stock* é extremamente alto (classe  $\geq 6$ ), estando desse modo a gerar custos adicionais.

Tabela 4.12 – Classificação ABC dos artigos

Designação comercial	Total exp. (Tons.)	Média diária exp. (Tons.)	Stock 15/11/ 2013	Preço de venda (€ / Ton.)	Lead time (dias)	Tipo Prod. (S/P)	Valor em stock (€)	A B C	Classe de stock
SGG 184	2570,08	8,57	50,53	239,55 €	1	S	12.104,11	A	4
SGG 210	2206,04	7,35	61,04	240,12 €	1	S	14.656,35	A	5
SGG 281	1445,77	4,82	35,36	326,55 €	1	S	11.547,74	A	5
SGG 202	1435,50	4,78	70,00	248,21 €	1	S	17.374,44	A	7
SGG 194	1361,78	4,54	107,78	237,34 €	1	S	25.579,93	A	11
SGG 332	191,90	0,64	9,32	274,95 €	1	S	2.562,66	B	7
SGG 213	187,61	0,63	11,98	231,25 €	1	S	2.770,15	B	9
SGG 71	182,27	0,61	28,24	601,73 €	1	S	16.990,96	B	19
SGG 222	178,27	0,59	7,70	315,75 €	1	S	2.431,61	B	6
SGG 190	170,00	0,57	0,00	230,26 €	1	S	0,00	B	1
SGG 185	44,55	0,15	12,98	230,26 €	1	S	2.988,91	C	14
SGG 88	44,49	0,15	4,41	270,67 €	1	S	1.193,37	C	11
SGG 321	44,32	0,15	12,26	259,45 €	1	S	3.181,48	C	25
SGG 54	43,64	0,15	2,57	435,34 €	20	P	1.117,52	C	2
SGG 254	42,21	0,14	5,70	384,29 €	1	S	2.192,17 €	C	13

Perante o elevado número de artigos em armazém e para uma melhor visualização da situação atual, foi conveniente apresentar os dados graficamente. Em primeiro lugar é possível visualizar a

distribuição do número de artigos por cada classe e a respetiva percentagem dessa mesma distribuição (Figura 4.3).

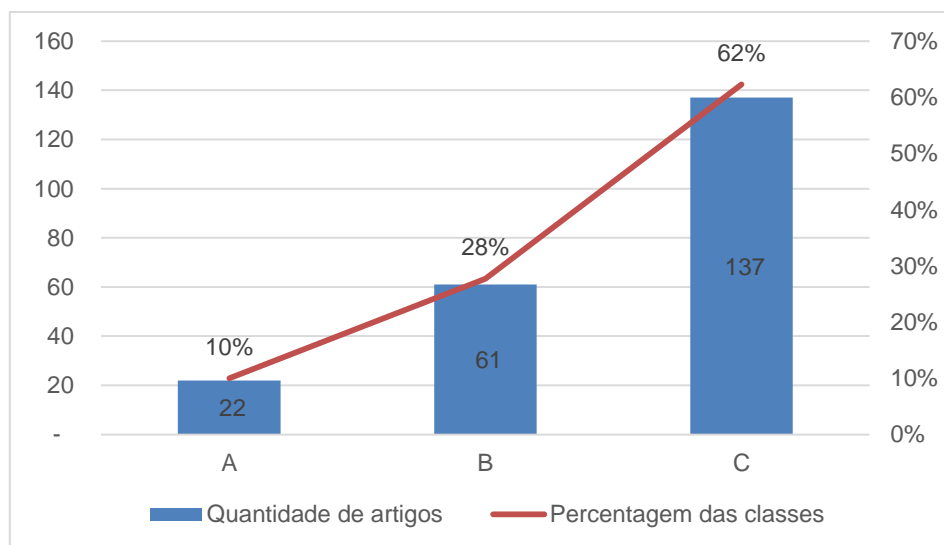


Figura 4.3 – Distribuição gráfica dos artigos por classes

Por seu lado, através da Figura 4.4 é possível observar a distribuição do valor financeiro investido em *stock* imobilizado, relativamente a cada classe de artigos. Consta-se deste modo que a classe A, apesar de conter apenas 10% dos artigos presentes em armazém, é detentora de 25% do valor financeiro em imobilizado em *stock*.

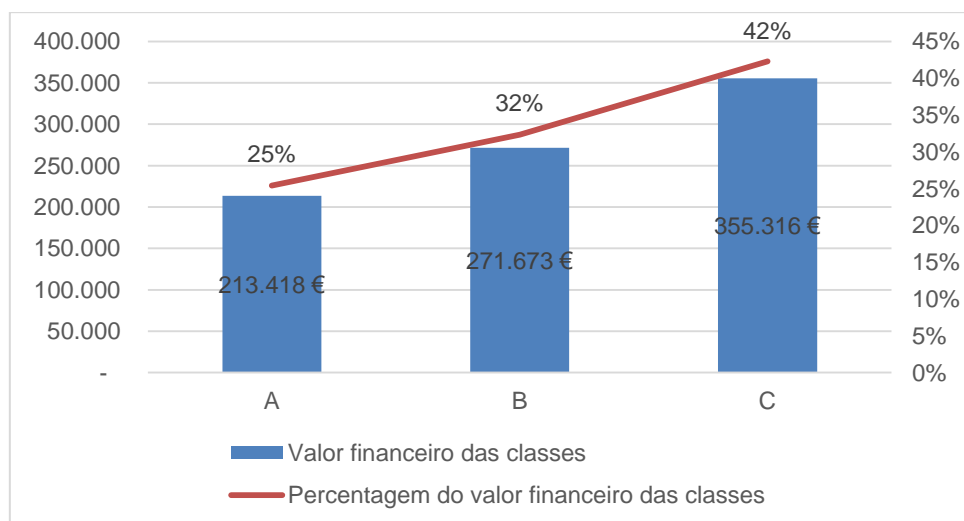


Figura 4.4 – Distribuição gráfica do capital imobilizado em *stock*

Assim, e dado que a informação envolvida é muito extensa, optou-se por englobar os dados numa tabela que resumisse a situação atual, onde os artigos fossem discriminados de acordo com a classificação ABC e com as respetivas classes de cobertura de *stock*. (Tabela 4.13). Consta-se que o valor total financeiro investido em *stock* para os 220 artigos em estudo é de 840.407 €.

Tabela 4.13 – Matriz inicial da Análise ABC cruzada

ABC	Dados	Classe de cobertura de <i>stock</i>						Total
		Muito baixa (1)	Baixa (2)	Média (3)	Alta (4)	Muito alta (5)	Extrem. alta ( $\geq 6$ )	
A	<i>Stock</i> (€)	-	-	6.837	15.166	44.666	146.749	213.418
	Número de artigos	1	-	2	2	4	13	22
B	<i>Stock</i> (€)	-	6.690	-	5.042	6.776	253.165	271.673
	Número de artigos	6	1	-	2	3	49	61
C	<i>Stock</i> (€)	-	1.383	1.397	2.490	3.833	346.214	355.316
	Número de artigos	19	3	2	3	3	107	137
Valor imobilizado em <i>stock</i> (€)		-	8.073	8.234	22.698	55.275	746.128	<b>840.407</b>
Número total de artigos		26	4	4	7	10	169	<b>220</b>

Verifica-se também pela Tabela 4.13 que, na data em estudo, isto é, a 15 de Novembro de 2013, o valor monetário do *stock* imobilizado para os artigos pertencentes à classe de *stock* muito baixa (1) era nulo. Esta ocorrência deve-se ao facto de na data em estudo não existirem *stocks* físicos desses mesmos produtos em armazém.

### Cálculo do Nível Sigma

No presente caso de estudo, a variável escolhida para calcular a métrica Seis Sigma foi a classe de cobertura de *stock* dos artigos presentes em armazém. Tal escolha prendeu-se com o facto de se verificar um elevado número de artigos cujo nível de *stock* não é o mais adequado, dadas as atuais práticas de gestão da empresa. Assim, inicialmente foi calculado o número de defeitos por milhão de oportunidade (DPMO), para que posteriormente pudesse ser estimado o nível Sigma do projeto.

Dado que os artigos foram previamente classificados de acordo com as classes A, B e C, definiu-se em reunião com toda a equipa *Lean* Seis Sigma, bem como com o Departamento Logístico que, para efeitos de análise, registar-se-ia um defeito sempre que se verificasse que a classe de cobertura *stock* do artigo em análise não se inserisse nos seguintes intervalos:

- 1 <Classe A <3;
- 1 <Classe B <4;
- 1 <Classe C <5;

Nesse sentido, determinaram-se os seguintes parâmetros:

- Número de unidades processadas (**N**) – 220 artigos;



- Número de oportunidades de defeito para cada unidade (**O**) – 6 oportunidades, de acordo com as diferentes classes de cobertura de *stock*.

Deste modo, para o cálculo do DPMO foi-se verificar, relativamente a cada classe, quantos artigos tinham efetivamente a classe de cobertura de *stock* fora dos intervalos previamente definidos. Apuraram-se deste modo, 211 ocorrências de defeito (D) num total de 220 artigos comercializados, sendo que, 22 desses defeitos pertenciam à classe A, 60 pertenciam à classe B e 129 pertenciam à classe C. Assim, o número de defeitos por milhão de oportunidades pode ser dado pela equação (4.4).

$$DPMO = \frac{D}{N*O} * 10^6 = \frac{211}{220*6} * 10^6 = 159.848,48 \text{ defeitos} \quad (4.4)$$

Verificou-se portanto que, em Novembro de 2013, o número de defeitos na classe de cobertura de *stock* por cada milhão de oportunidades era de aproximadamente 159.849 artigos.

Uma vez calculado o DPMO, facilmente se conseguiu estimar o nível Sigma do projeto (4.5).

$$Nível \text{ Sigma} = 0,8406 + \sqrt{29,37 - 2,221 * \ln(DPMO)} \quad (4.5)$$

$$\Leftrightarrow Nível \text{ Sigma} = 0,8406 + \sqrt{29,37 - 2,221 * \ln(159.848,48)}$$

$$\Leftrightarrow Nível \text{ Sigma} = 2,50 \sigma$$

Assim, temos que o nível Sigma atual do projeto para a variável escolhida é 2,50σ.

Analogamente e de maneira a obter-se uma visão mais atualizada das possibilidades de melhoria em cada classe de artigos optou-se também por calcular o nível Sigma para cada uma dessas mesmas classes. Assim, a Tabela 4.14 apresenta uma síntese da informação recolhida e dos valores do nível Sigma.

Tabela 4.14 – Valores do nível Sigma e DPMO para a situação inicial

	Número de artigos	Número de unidades processadas (N)	Número de oportunidades de defeito (O)	Total de defeitos (D)	DPMO	Nível Sigma
<b>Classe A</b>	22	220	6	22	16.666,67	3,63
<b>Classe B</b>	61	220	6	60	45.454,55	3,19
<b>Classe C</b>	137	220	6	129	97.727,27	2,80
<b>Global</b>	<b>220</b>	<b>220</b>	<b>6</b>	<b>211</b>	<b>159.848,48</b>	<b>2,50</b>

Constata-se através da Tabela 4.14 que o nível Sigma diminui o seu valor à medida que se vai transitando da Classe A para a Classe C. Esta ocorrência deve-se ao facto de que, ao existirem menos artigos na classe A que na classe C, existir uma menor possibilidade de ocorrência de defeito.

### **Avaliação do Potencial de Melhoria**

De acordo com o resultado obtido através da Análise ABC previamente efetuada, constatou-se que o valor do *stock* imobilizado em armazém era 840.407 €. Dado que o principal objetivo do presente caso de estudo passa por otimizar os níveis de *stock*, definindo e ajustando os *stocks* de segurança e consequentemente reduzindo o valor do *stock* imobilizado, será necessário normalizar o novo processo interno da gestão de *stocks*. Assim, trabalhando em conjunto com o Departamento Comercial, visa-se a expedição parcial dos artigos com níveis de *stock* excessivos. Contudo, para que os ganhos reais possam ser maximizados, será necessário em primeiro lugar avaliar o potencial de melhoria do projeto, estabelecendo-se assim uma meta concreta a atingir.

Deste modo, numa primeira etapa pretende-se que todos os artigos pertencentes à classe de cobertura de *stock* muito baixa (1) passem a pertencer à classe baixa (2), com o intuito de minimizar o risco de rutura. Neste caso, a melhoria passa por aumentar o nível de *stock* de cada artigo da classe baixa (1), igualando-o ao respetivo nível do *stock* de segurança, fazendo com que os dias de cobertura de *stock* passem a ser superiores ao *stock* de segurança. Teremos assim um acréscimo nos custos de armazenagem, uma vez que ao incrementarmos os *stocks* em armazém, aumentamos também o valor do financeiro imobilizado. O resumo desta estimativa pode ser constatado na Tabela 4.15.

Constata-se deste modo que, a proposta de melhoria estudada acarretaria um custo total acumulado dos custos logísticos referentes à armazenagem de 3.283 €.

Tabela 4.15 – Matriz de avaliação do potencial de melhoria dos artigos da classe de cobertura de *stock* baixa

ABC	Dados	Classe de cobertura de <i>stock</i>						Total
		Muito baixa (1)	Baixa (2)	Média (3)	Alta (4)	Muito alta (5)	Extrem. alta (>=6)	
A	<b>Stock (€)</b>	-	520	6.837	15.166	44.666	146.749	213.938
	<b>Número de artigos</b>	-	1	2	2	4	13	22
B	<b>Stock (€)</b>	-	7.992	-	5.042	6.776	253.165	272.976
	<b>Número de artigos</b>	-	7	-	2	3	49	61
C	<b>Stock (€)</b>	-	2.843	1.397	2.490	3.833	346.214	356.776
	<b>Número de artigos</b>	-	22	2	3	3	107	137
<b>Valor imobilizado em <i>stock</i> (€)</b>		-	11.355	8.234	22.698	55.275	746.128	<b>843.690</b>
<b>Número total de artigos</b>		-	30	4	7	10	169	<b>220</b>

Por sua vez, numa segunda etapa pretende-se otimizar os artigos assinalados a amarelo e consequentemente pertencentes às classes de cobertura de *stock* média (3), alta (4), muito alta (5) e extremamente alta (6), cujos níveis de *stock* estão desatualizados e fora do atual contexto comercial. Neste caso, devem-se reduzir os níveis de *stock* dos artigos em questão igualando-os ao respetivo *stock* de segurança. O resumo desta estimativa pode ser consultado na Tabela 4.16.

Tabela 4.16 – Matriz de avaliação do potencial de melhoria dos artigos das restantes classes

ABC	Dados	Classe de cobertura de <i>stock</i>						Total
		Muito baixa (1)	Baixa (2)	Média (3)	Alta (4)	Muito alta (5)	Extrem. alta (>=6)	
A	Stock (€)	-	25.799	-	-	-	-	25.799
	Número de artigos	-	22	-	-	-	-	22
B	Stock (€)	-	21.460	2.393	-	-	-	23.853
	Número de artigos	-	59	2	-	-	-	61
C	Stock (€)	-	12.343	1.397	2.490	-	-	16.230
	Número de artigos	-	132	2	3	-	-	137
Valor imobilizado em <i>stock</i> (€)		-	59.602	3.790	2.490	-	-	65.881
Número total de artigos		-	213	4	3	-	-	220

Constata-se pela Tabela 4.16 que caso o projeto *Lean Seis Sigma* seja bem-sucedido, o valor do *stock* imobilizado em armazém poderá ser reduzido para 65.881 €, significando que, o potencial máximo de melhoria do projeto será alcançar uma redução nos custos associados à gestão de armazenagem de aproximadamente 774.526 €.

#### 4.2.5 Definir a meta e atualizar o Project Charter

Finalizada a fase Medir, a equipa tem deste modo uma estimativa do nível Sigma inicial do projeto. Tratando-se de um estudo recente na empresa, no que à variável escolhida diz respeito, foi também necessário propor uma nova meta para o futuro. Assim, tendo em conta a natureza do projeto, a equipa decidiu propor a meta de  $3\sigma$ .

Por outro lado, uma vez estimado o potencial máximo de melhoria do projeto, a equipa tem também definida uma meta financeira, a qual se deve comprometer atingir. Assim sendo, tendo em conta a realidade comercial atualmente vivida pela empresa, a equipa pretende alcançar uma redução no valor do *stock* imobilizado de aproximadamente 100.000€.

Contudo, dada a complexidade do projeto, trata-se apenas de uma meta teórica, sendo que na realidade poderá não ser passível de ser alcançada, visto que existem artigos para os quais não será possível atingir os ganhos máximos esperados. Esta incerteza deve-se ao facto do projeto estar fortemente dependente do Departamento Comercial e das tendências do mercado no curto prazo.

Assim, uma vez terminada a segunda fase do ciclo DMAIC, atualizou-se o *Project Charter* que pode ser visualizado no Anexo C.

### 4.3 Fase Analisar (Analyse)

A terceira fase do projeto teve como principal finalidade analisar a fonte do problema e tentar assim identificar as causas do mesmo. Para tal a equipa responsável pelo projeto analisou a informação recolhida durante a fase Medir. Os passos seguidos durante esta fase podem ser observados na Tabela 4.17.

Tabela 4.17 - Síntese das etapas da fase Analisar

Fase Analisar	
Etapa	Técnicas e ferramentas
I) Identificar todas as causas possíveis	Diagrama de <i>Ishikawa</i>
II) Filtrar as causas	Votação dos intervenientes
III) Validar e priorizar as causas essenciais	<i>Brainstorming</i>
IV) Atualizar o <i>Business Case</i>	ROSS atualizado

#### 4.3.1 Identificar todas as causas possíveis

Uma vez medido o problema em estudo bem como todas as variáveis associadas, torna-se fundamental reunir a equipa com o intuito de analisar as causas potenciais do mesmo. Neste campo recorreu-se ao Diagrama *Ishikawa*, afetando-se as diferentes causas nas seguintes categorias: Material, Máquina, Meio-ambiente, Método, Medições e Pessoas.

O Diagrama de *Ishikawa*, que foi gerado pela equipa *Lean Seis Sigma* recorrendo à experiência e intuição dos intervenientes pode ser observado na Figura 4.5.

#### 4.3.2 Filtrar as causas

Após a identificação de todas as causas do problema através da realização do Diagrama de *Ishikawa*, foi necessário filtrar as mesmas de modo a apurar-se um conjunto nunca superior a cinco causas que fossem alvo das potenciais melhorias (Saint-Gobain Glass, 2011). Para tal, recorrendo à experiência dos intervenientes do projeto, utilizou-se a técnica da Votação.

A aplicação desta técnica passou pela eleição das três causas mais preponderantes de acordo com a intuição e experiência dos intervenientes (Tabela 4.18).

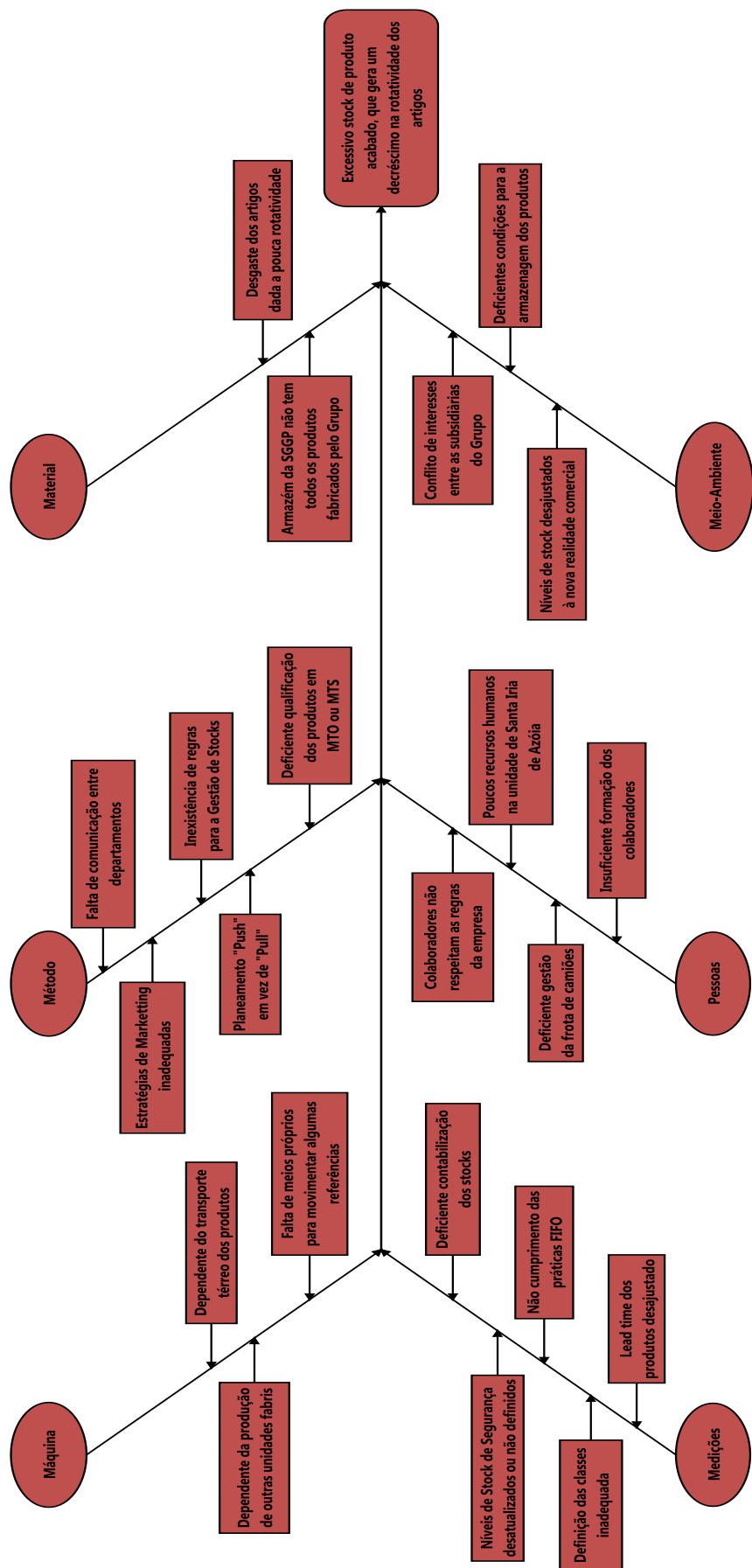


Figura 4.5 – Diagrama de Ishikawa

Tabela 4.18 – Votação das causas do problema

Interveniente	Causas		
	Importância alta	Importância média	Importância baixa
<b>Interveniente 1 (Sponsor)</b>	Nível de <i>stock</i> desajustado à nova realidade comercial	<i>Lead time</i> dos produtos desajustado à nova realidade	Níveis de <i>stock</i> de segurança desatualizados ou não definidos
<b>Rui Abreu</b>	Nível de <i>stock</i> desajustado à nova realidade comercial	Níveis de <i>stock</i> de segurança desatualizados ou não definidos	<i>Lead time</i> dos produtos desajustado à nova realidade
<b>Interveniente 2</b>	Níveis de <i>stock</i> de segurança desatualizados ou não definidos	Deficiente qualificação dos produtos em MTO ou MTS	Desgaste dos artigos dados a pouca rotatividade
<b>Interveniente 3</b>	<i>Lead time</i> dos produtos desajustado à nova realidade	Armazém da SGGP não tem todos os produtos fabricados pelo grupo	Deficiente qualificação dos produtos em MTO ou MTS
<b>Francisco Ferrão</b>	Nível de <i>stock</i> desajustado à nova realidade comercial	Definição inadequada das classes	<i>Lead time</i> dos produtos desajustado à nova realidade

Deste modo, através da votação gerada foi possível extrair as cinco causas que de acordo com os intervenientes do projeto teriam maior preponderância na causa do problema, sendo que não foi definido qualquer grau de relação ou importância entre as mesmas. Posto isto, as causas mais votadas pela equipa foram:

- **X<sub>1</sub>**: Nível de *stock* desajustado à nova realidade comercial;
- **X<sub>2</sub>**: *Lead time* dos produtos desajustado à nova realidade;
- **X<sub>3</sub>**: Níveis de *stock* de segurança desatualizados ou não definidos;
- **X<sub>4</sub>**: Deficiente qualificação dos produtos em MTO ou MTS;
- **X<sub>5</sub>**: Definição inadequada das classes;
- **X<sub>6</sub>**: Desgaste dos artigos dados a pouca rotatividade;

Pelo número de votações associadas a cada causa, podemos constatar de acordo com a Tabela 4.19 que, o nível de *stock* desajustado à nova realidade comercial (**X<sub>1</sub>**), o *lead time* dos produtos desajustado à realidade comercial (**X<sub>2</sub>**), a desatualização ou não definição dos níveis do *stock* de segurança (**X<sub>3</sub>**) e a deficiente qualificação dos produtos em MTO (*make to order*) ou MTS (*make to stock*) (**X<sub>4</sub>**), são as únicas causas com mais de um voto dentro do seio da equipa, e consequentemente, aquelas que deverão ser consideradas para futuras análises de melhoria.

Tabela 4.19 – Número de votações por cada causa





















Causa	Número de votações
Nível de <i>stock</i> desajustado à nova realidade comercial ( $X_1$ )	3
<i>Lead time</i> dos produtos desajustado à nova realidade ( $X_2$ )	4
Níveis de <i>stock</i> de segurança desatualizados ou não definidos ( $X_3$ )	3
Deficiente qualificação dos produtos em MTO ou MTS ( $X_4$ )	2
Definição das classes inadequada ( $X_5$ )	1
Desgaste dos artigos dados a pouca rotatividade ( $X_6$ )	1

#### 4.3.3 Validar e priorizar as causas essenciais

Uma vez validadas as quatro causas com maior incidência, torna-se fundamental priorizar as mesmas de modo a ordená-las de acordo com o peso e importância que poderão ter na raiz do problema do projeto. Assim, recorreu-se mais uma vez ao Diagrama Matricial para verificar intuitivamente quais os pesos que cada um dos membros da equipa atribuíra a cada uma das causas identificadas (Tabela 4.20). Deste modo, as ponderações utilizadas foram:

-  Relação forte;  
 Relação média;  
 Relação fraca.

Tabela 4.20 – Priorização das causas essenciais

Meta / objetivos				
Intervenientes	Nível de <i>stock</i> desajustado à nova realidade comercial ( $X_1$ )	<i>Lead time</i> dos produtos desajustado à nova realidade ( $X_2$ )	Níveis de <i>stock</i> de segurança desatualizados ou não definidos ( $X_3$ )	Deficiente qualificação dos produtos em MTO ou MTS ( $X_4$ )
Interveniente 1 ( <i>Sponsor</i> )	↑ 			
Rui Abreu	↑ 			
Interveniente 2				↑ 
Interveniente 3				
Francisco Ferrão				↑ 

De acordo com o Diagrama Matricial gerado constata-se que, a intuição dos intervenientes leva a crer que a raiz do problema do projeto é o facto de o nível de *stock* de produto acabado estar desajustado

à atual realidade comercial. Assim, os esforços da equipa deverão passar por solucionar esse mesmo problema.

#### 4.3.4 Atualizar o Business Case

Uma vez terminada a fase Analisar, efetuaram-se as devidas revisões ao *Business Case*. Dado que no final da fase Analisar a equipa já possuía informações adicionais do desempenho do processo, foram elaboradas alterações no documento ROSS previamente efetuado aquando da fase Definir (Tabela 4.21).

Tabela 4.21 – Ross da fase Analisar

<b>Por que razões vale a pena levar a cabo o projeto?</b>
Nível de <i>stock</i> e coberturas muito elevado no armazém de Santa Iria.
<b>Porque é conveniente realizá-lo agora?</b>
Necessidades impostas pela direção de fábrica que pretende reduzir o capital imobilizado.
<b>Quais seriam as consequências de não realizá-lo?</b>
Não cumprir com as especificações apresentadas na carta de serviço.
<b>Como encaixa na atual estratégia empresarial?</b>
Adequa-se na estratégia dado que se trata de uma empresa com forte investimento nas práticas de melhoria contínua de processos.
<b>Quais são os benefícios económicos previstos?</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Após a fase Analisar, os benefícios esperados são alcançar uma redução na ordem dos 200.000 € do <i>stock</i> imobilizado + benefícios intangíveis de satisfação dos clientes;</li><li>▪ Aumentar o nível Sigma de 2,5<math>\sigma</math> para 3<math>\sigma</math> e conseguir desse modo reduzir a variabilidade do processo dos dias de cobertura de <i>stock</i>.</li></ul>

### 4.4 Fase Melhorar (Improve)

A penúltima fase do ciclo DMAIC teve como principal objetivo identificar propostas de melhoria que fossem passíveis de solucionar o problema do projeto. Posteriormente procedeu-se à implementação das soluções identificadas. A Tabela 4.22 apresenta as etapas, bem como as técnicas e ferramentas seguidas nesta fase.

#### 4.4.1 Identificar e selecionar as soluções ideais

De acordo com o estudo do potencial de melhoria, foi visto que os artigos assinalados a vermelho e desse modo pertencentes à classe de cobertura de *stock* muito baixa (1) estavam em risco de rutura. Neste caso, os artigos em questão, deveriam ver os seus níveis de *stock* ser aumentados para uma quantidade igual ou superior à do *stock* de segurança previamente definido, tendo em conta um nível de confiança de 95%. Paralelamente, os artigos assinalados a amarelo são precisamente aqueles



cujos níveis de *stock* estão em excesso, devendo portanto ver os seus níveis serem reduzidos ou eliminados.

Tabela 4.22 – Síntese das etapas da fase Melhorar

Fase Melhorar	
Etapas	Técnicas e ferramentas
I) Identificar e seleccionar as soluções ideais	<i>Brainstorming</i> Matriz de critérios de melhoria
II) Implementar as soluções	Implementação definitiva das soluções testadas
III) Atualizar <i>Business Case</i> e <i>Project Charter</i>	ROSS e <i>Project Charter</i> atualizados

Tendo em conta a inadequada política de gestão de *stocks* até aqui adotada pela empresa e dado que nem todos os artigos comercializados poderiam ser alvo de melhoria, tornou-se fundamental definir certos critérios, que depois de implementados e sempre que devidamente controlados fossem ao encontro da melhoria contínua do processo da gestão de armazenagem. Deste modo, elaborou-se a matriz de critérios de melhoria que resume as regras a ter em conta na fase Melhorar (Tabela 4.23).

Adicionalmente definiu-se que os artigos aos quais fossem efetuadas melhorias e que pertencessem à classe de cobertura de *stock* média (3) ou a classes superiores, deveriam passar a ser produzidos de acordo com as encomendas (MTO), passando deste modo o seu *lead time* a ser estipulado em 20 dias.

Tabela 4.23 – Critérios das soluções de melhoria

Classe de cobertura de <i>stock</i>	Classificação ABC	Critérios de melhoria
Muito baixa (1)	A	Artigos com média diária de expedições superior a 0,20 toneladas/dia e preço de venda superior a 200 €/tonelada
	B	Artigos com média diária de expedições superior a 0,20 toneladas/dia e preço de venda superior a 200 €/tonelada
	C	Artigos com preço de venda igual ou superior a 350 €/tonelada e com <i>lead time</i> de 1 dia
Média (3), Alta (4), Muito alta (5) e Extremamente alta (6)	A	Artigos com valor financeiro imobilizado em <i>stock</i> superior a 9.000 €
	B	Artigos com valor financeiro imobilizado em <i>stock</i> superior a 9.000 €
	C	Artigos com valor financeiro imobilizado em <i>stock</i> superior a 9.000 €

#### 4.4.2 Implementar as soluções

A implementação das soluções foi dividida de forma estruturada em três etapas, para da melhor forma poder contemplar os passos seguidos pela equipa *Lean Seis Sigma*. Numa primeira etapa optou-se por avaliar a possibilidade de aumentar o nível de *stock* dos artigos com classe de cobertura de *stock* muito baixa (1), de modo a evitar as futuras ocorrências de rutura. Numa segunda etapa estudou-se artigo a artigo, a possibilidade de reduzir o nível de *stock* em armazém para os produtos com uma classe de cobertura extremamente alta (6). Por fim, a terceira etapa procurou reduzir o nível de *stock* dos produtos das restantes classes, isto é, das classes de cobertura média (3), alta (4) e muito alta (5). Para dados adicionais deve-se consultar o Anexo B.

##### 4.4.2.1 Etapa 1: Classe de cobertura de stock muito baixa

Partindo da situação medida e analisada pela equipa *Lean Seis Sigma* e que fora descrita no Capítulo 4.2 e no Capítulo 4.3, é então chegada a altura de implementar as soluções geradas. Como referido anteriormente, nesta primeira etapa foi-se avaliar a possibilidade de aumentar o nível de *stock* dos 26 artigos assinalados a cor vermelha, ou seja, aqueles que tinham os dias de cobertura inferiores ao *stock* de segurança em dias e que, por consequência, estavam inventariados como pertencendo à classe muito baixa (1).

##### 1º Passo: Classe A

Analisando os dados recolhidos na fase de Medida verifica-se a inexistência de qualquer *stock* do artigo SGG 21. Tratando-se de um artigo com uma média diária de expedições de 0,92 toneladas/dia, o seu risco de rutura é consideravelmente alto. Assim sendo, dado que o preço de venda do produto é 274,84 €, a equipa optou por aumentar o nível de *stock* do artigo para 1,90 toneladas, igualando assim o seu valor ao do *stock* de segurança. Pela Tabela 4.24 podemos observar os valores envolvidos nesta proposta de melhoria.

A medida tomada contribuiu para um aumento de 522 € nos custos de armazenagem, contudo, o artigo em questão ficou com o nível de *stock* otimizado, deixando assim de correr o risco de entrar em rutura sempre que houvesse uma encomenda por parte dos clientes.

##### 2º Passo: Classe B

Relativamente à classe B, podemos constatar que são seis os artigos que atualmente estão em risco de rutura de *stock*. Dado que os artigos em questão têm todos um preço de venda superior a 220 €/tonelada, bem como uma média diária de expedições superior a 0,2 toneladas/dia, decidiu-se que se deveria aumentar o nível de cada um desses artigos para quantidades que igualassem os respetivos *stocks* de segurança. Esta proposta de melhoria nos artigos SGG 164, SGG 188, SGG 190, SGG 196, SGG 204 e SGG 347 veio incrementar os custos de armazenagem em 1.363 € (Tabela 4.25).

Tabela 4.24 – Melhoria dos artigos da classe A e com cobertura de stock muito baixa

ABC	Dados	Classe de cobertura de stock						Total
		Muito baixa (1)	Baixa (2)	Média (3)	Alta (4)	Muito alta (5)	Extrem. alta (>=6)	
A	Stock (€)	-	522	6.837	15.166	44.666	146.749	213.940
	Número de artigos	-	1	2	2	4	13	22
B	Stock (€)	-	6.690	-	5.042	6.776	253.165	271.673
	Número de artigos	6	1	-	2	3	49	61
C	Stock (€)	-	1.383	1.397	2.490	3.833	346.214	355.316
	Número de artigos	19	3	2	3	3	107	137
Valor imobilizado em stock (€)		-	8.595	8.234	22.698	55.275	746.128	<b>840.930</b>
Número total de artigos		25	5	4	7	10	169	<b>220</b>

Tabela 4.25 – Melhoria dos artigos da classe B e com cobertura de stock muito baixa

ABC	Dados	Classe de cobertura de stock						Total
		Muito baixa (1)	Baixa (2)	Média (3)	Alta (4)	Muito alta (5)	Extrem. alta (>=6)	
A	Stock (€)	-	522	6.837	15.166	44.666	146.749	213.940
	Número de artigos	-	1	2	2	4	13	22
B	Stock (€)	-	8.053	-	5.042	6.776	253.165	273.036
	Número de artigos	-	7	-	2	3	49	61
C	Stock (€)	-	1.383	1.397	2.490	3.833	346.214	355.317
	Número de artigos	19	3	2	3	3	107	137
Valor imobilizado em stock (€)		-	9.958	8.234	22.698	55.275	746.128	<b>842.293</b>
Número total de artigos		19	11	4	7	10	169	<b>220</b>

**3º Passo:** Classe C

Para terminar esta primeira etapa de implementação de soluções de melhoria, analisaram-se os artigos pertencentes à classe C. Tratando-se de artigos com pouca rotatividade, a equipa definiu juntamente como departamento comercial que se deveria somente aumentar o nível de stock dos

artigos com *lead time* de 1 dia e com preço de venda superior a 350 €/tonelada. Foi deste modo acrescido o nível de *stock* dos artigos SGG 12, SGG 98, SGG 275 e SGG 295, sendo que esta medida de melhoria gerou um incremento nos custos de armazenagem de 356 €. A Tabela 4.26 resume as perdas geradas através deste último passo.

Tabela 4.26 – Melhoria dos artigos da classe C e com cobertura de *stock* muito baixa

ABC	Dados	Classe de cobertura de <i>stock</i>						Total
		Muito baixa (1)	Baixa (2)	Média (3)	Alta (4)	Muito alta (5)	Extrem. alta (>=6)	
A	<b>Stock (€)</b>	-	522	6.837	15.166	44.666	146.749	213.940
	<b>Número de artigos</b>	-	1	2	2	4	13	22
B	<b>Stock (€)</b>	-	8.053	-	5.042	6.776	253.165	273.036
	<b>Número de artigos</b>	-	7	-	2	3	49	61
C	<b>Stock (€)</b>	-	1.739	1.397	2.490	3.833	346.214	355.673
	<b>Número de artigos</b>	15	7	2	3	3	107	137
<b>Valor imobilizado em <i>stock</i> (€)</b>		-	10.314	8.234	22.698	55.275	746.128	<b>842.649</b>
<b>Número total de artigos</b>		15	15	4	7	10	169	<b>220</b>

Como se pode verificar pela Tabela 4.26, foram 15 os artigos que não respeitavam os critérios definidos e para os quais não foi benéfico aumentar o nível de *stock* em armazém. Contudo, estes artigos foram prontamente analisados pelo departamento comercial de modo a verificar a tendência das suas expedições, passando imediatamente e unicamente a serem produzidos de acordo com as encomendas dos clientes (MTO). Foi também definido que os *lead times* dos artigos em questão passariam a ser estipulados em 20 dias, de modo a permitir adotar o sistema de produção MTO.

Assim, após análise e uma vez definidos os critérios a ter em conta, os 15 artigos foram desconsiderados para efeitos deste estudo, visto que não existiam fisicamente, isto é, os seus níveis de *stock* eram nulos. Desta forma gerou-se a matriz representada na Tabela 4.27.

#### 4.4.2.2 Etapa 2: Classe de cobertura de *stock* extremamente alta

Na segunda etapa de implementação de melhorias, foi-se avaliar a possibilidade de reduzir o excessivo nível de *stock* dos artigos assinalados a cor amarela.

Dado o elevado número de produtos presentes em armazém, a equipa optou por focar-se inicialmente nos artigos com uma classe de cobertura de *stock* extremamente alta, isto é, aqueles que por estarem fora da nova realidade comercial acabavam por gerar um incremento excessivo dos custos logísticos.

Tabela 4.27 – Matriz gerada após as melhorias na classe de cobertura de *stock* muito baixa

ABC	Dados	Classe de cobertura de <i>stock</i>						Total
		Muito baixa (1)	Baixa (2)	Média (3)	Alta (4)	Muito alta (5)	Extrem. alta (>=6)	
A	Stock (€)	-	522	6.837	15.166	44.666	146.749	213.940
	Número de artigos	-	1	2	2	4	13	22
B	Stock (€)	-	8.053	-	5.042	6.776	253.165	273.036
	Número de artigos	-	7	-	2	3	49	61
C	Stock (€)	-	1.739	1.397	2.490	3.833	346.214	355.673
	Número de artigos	-	7	2	3	3	107	122
Valor imobilizado em <i>stock</i> (€)		-	10.314	8.234	22.698	55.275	746.128	<b>842.649</b>
Número total de artigos		-	15	4	7	10	169	<b>205</b>

**1º Passo:** Classe A

Numa primeira instância, decidiu-se propor melhorias para os artigos pertencentes à classe A, definindo-se juntamente com o Departamento Comercial que se deveria reduzir todo o *stock* dos artigos que apresentassem um valor financeiro imobilizado superior a 9.000 €.

Uma vez que somente os artigos SGG 103, SGG 194, SGG 202, SGG 219, SGG 235, e SGG 318 respeitavam o critério definido, foi possível com esta medida diminuir os custos de armazenagem dos artigos da classe A de 213.940 € para 114. 509 €, ou seja, em cerca de 99.440 €. A Tabela 4.28 apresenta a matriz gerada com esta etapa de implementações de melhorias.

**2º Passo:** Classe B

O segundo passo desta etapa passou por avaliar a possibilidade de reduzir o nível de *stock* dos artigos da classe B. Tal como no passo anterior, definiu-se que deveria ser escoado o *stock* dos produtos com valor financeiro superior a 9.000 €. Assim sendo, dos 49 artigos presentes em armazém foi possível reduzir o nível de *stock* de 6 artigos, que passaram assim a pertencer à classe de cobertura de *stock* baixa (2).

Pela Tabela 4.29 é possível constatar que esta melhoria relativa aos artigos SGG 9, SGG 68, SGG 71, SGG 110, SGG 216 e SGG 294 permitiu reduzir os custos relativos ao *stock* imobilizado em cerca de 85.015 €.

Tabela 4.28 - Melhoria dos artigos da classe A e com cobertura de *stock* extremamente alta

ABC	Dados	Classe de cobertura de <i>stock</i>						Total
		Muito baixa (1)	Baixa (2)	Média (3)	Alta (4)	Muito alta (5)	Extrem. alta ( $\geq 6$ )	
A	<i>Stock</i> (€)	-	6.867	6.837	15.166	44.666	40.973	114.509
	Número de artigos	-	7	2	2	4	7	22
B	<i>Stock</i> (€)	-	8.053	-	5.042	6.776	253.165	273.036
	Número de artigos	-	7	-	2	3	49	61
C	<i>Stock</i> (€)	-	1.739	1.397	2.490	3.833	346.214	355.673
	Número de artigos	-	7	2	3	3	107	122
Valor imobilizado em <i>stock</i> (€)		-	16.659	8.234	22.698	55.275	640.352	<b>743.218</b>
Número total de artigos		-	21	4	7	10	163	<b>205</b>

Tabela 4.29 - Melhoria dos artigos da classe B e com cobertura de *stock* extremamente alta

ABC	Dados	Classe de cobertura de <i>stock</i>						Total
		Muito baixa (1)	Baixa (2)	Média (3)	Alta (4)	Muito alta (5)	Extrem. alta ( $\geq 6$ )	
A	<i>Stock</i> (€)	-	6.867	6.837	15.166	44.666	40.973	114.509
	Número de artigos	-	7	2	2	4	7	22
B	<i>Stock</i> (€)	-	10.254	-	5.042	6.776	165.949	188.021
	Número de artigos	-	13	-	2	3	43	61
C	<i>Stock</i> (€)	-	1.739	1.397	2.490	3.833	346.214	355.673
	Número de artigos	-	7	2	3	3	107	122
Valor imobilizado em <i>stock</i> (€)		-	18.860	8.234	22.698	55.275	553.136	<b>658.203</b>
Número total de artigos		-	27	4	7	10	157	<b>205</b>

**3º Passo:** Classe C

O terceiro passo desta etapa focou-se em reduzir o nível de *stock* dos 107 artigos pertencentes à classe C e que por sua vez apresentavam uma classe de *stock* extremamente alta. Assim, tal como

nos passos anteriores foi definido reduzir apenas o *stock* dos artigos que apresentavam um valor financeiro superior a 9.000 €.

Tendo em conta os critérios definidos foi possível eliminar o nível para dois artigos. Relativamente às melhorias implementadas nos artigos em questão, o SGG 51 e o SGG 220 obteve-se uma redução dos custos de armazenagem de aproximadamente 46.245 €. A Tabela 4.30 resume e apresenta os valores envolvidos neste passo.

Tabela 4.30 - Melhoria dos artigos da classe C e com cobertura de *stock* extremamente alta

ABC	Dados	Classe de cobertura de <i>stock</i>						Total
		Muito baixa (1)	Baixa (2)	Média (3)	Alta (4)	Muito alta (5)	Extrem. alta (>=6)	
A	<b>Stock (€)</b>	-	6.867	6.837	15.166	44.666	40.973	114.509
	<b>Número de artigos</b>	-	7	2	2	4	7	22
B	<b>Stock (€)</b>	-	10.254	-	5.042	6.776	165.949	188.021
	<b>Número de artigos</b>	-	13	-	2	3	43	61
C	<b>Stock (€)</b>	-	1.976	1.397	2.490	3.833	299.732	309.428
	<b>Número de artigos</b>	-	9	2	3	3	105	122
<b>Valor imobilizado em <i>stock</i> (€)</b>		-	19.097	8.234	22.698	55.275	506.653	<b>611.958</b>
<b>Número total de artigos</b>		-	29	4	7	10	155	<b>205</b>

#### 4.4.2.3 Etapa 3: Restantes classes de *stock*

A última etapa de implementação de melhorias focou-se em reduzir o nível de *stock* das classes de cobertura de *stock* média (3), alta (4) e muito alta (5). Tal como na etapa anterior, foi definido que apenas se iria reduzir o *stock* dos artigos cujo valor financeiro imobilizado em armazém fosse superior a 9.000 €. Deste modo, somente os artigos SGG 184, SGG 210, SGG 242 e SGG 281, todos eles pertencentes à classe A viram o seu nível ser reduzido para valores que igualassem os respetivos *stocks* de segurança.

Com esta medida foi possível reduzir os custos logísticos referentes à gestão de armazenagem em 40.137 €. A Tabela 4.31 apresenta de forma resumida os valores do nível de *stock* alcançados com esta última etapa de implementações de melhorias.

Perante o elevado número de artigos em armazém, e para uma melhor visualização da situação atual, foi conveniente voltar a apresentar os dados graficamente. Assim, pela Figura 4.6 é possível

visualizar a distribuição do valor financeiro investido em *stock* imobilizado no final da fase Melhorar e de acordo com a classificação ABC.

Tabela 4.31 – Melhoria dos artigos das restantes classes de cobertura de *stock*

ABC	Dados	Classe de cobertura de <i>stock</i>						Total
		Muito baixa (1)	Baixa (2)	Média (3)	Alta (4)	Muito alta (5)	Extrem. alta (>=6)	
A	<b>Stock (€)</b>	-	16.366	6.837	3.062	7.135	40.973	74.372
	<b>Número de artigos</b>	-	11	2	1	1	7	22
B	<b>Stock (€)</b>	-	10.254	-	5.042	6.776	165.949	188.021
	<b>Número de artigos</b>	-	13	-	2	3	43	61
C	<b>Stock (€)</b>	-	1.976	1.397	2.490	3.833	299.732	309.428
	<b>Número de artigos</b>	-	9	2	3	3	105	122
<b>Valor imobilizado em stock (€)</b>		-	28.596	8.234	10.594	17.744	506.653	<b>571.822</b>
<b>Número total de artigos</b>		-	33	4	6	7	155	<b>205</b>

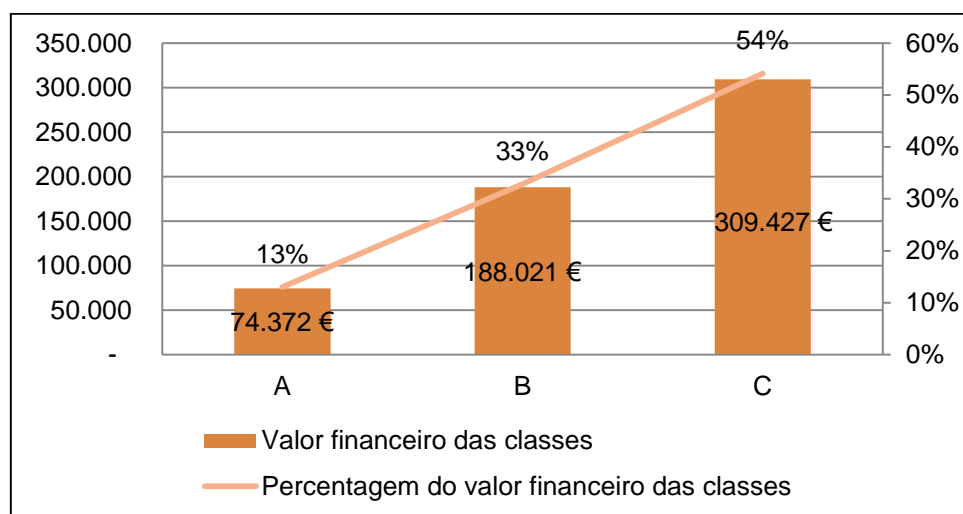


Figura 4.6 – Capital imobilizado em *stock* após ações de melhoria

#### 4.4.3 Atualizar Business Case e o Project Charter

Uma vez finalizada a implementação das propostas de melhoria, estamos aptos a estimar os ganhos alcançados ao longo do projeto. Foi visto que na primeira etapa de propostas de melhoria o projeto teve um aumento de 2.242 € nos custos de armazenagem. Por sua vez, na segunda etapa de propostas de melhorias a redução dos custos de armazenagem foi de 270.837 €.



Em suma, tendo o valor do *stock* imobilizado no armazém de Santa Iria de Azóia estabilizado nos 571.822 €, o *Return on Six Sigma* (ROSS), ou seja, o benefício alcançado com as melhorias propostas foi de aproximadamente 268.596 €. A Tabela 4.32 resume as perdas e os ganhos gerados ao longo desta fase de implementação de soluções de melhoria.

Tabela 4.32 – Perdas e Ganhos financeiros alcançados com as ações de melhoria

<b>Etapas de melhoria</b>	<b>Classe de cobertura de <i>stock</i></b>	<b>Passo</b>	<b>Perdas/Ganhos (€)</b>
<b>Etapa 1</b>	Muito baixa (1)	1º	- 522
		2º	- 1.363
		3º	- 356
<b>Etapa 2</b>	Extremamente alta (6)	1º	99.440
		2º	85.015
		3º	46.245
<b>Etapa 3</b>	Média (3), Alta (4) e Muito alta (5)	1º	40.137
<b>Total de ganhos (€)</b>			<b>268.596</b>

Por esta altura, o projeto sofrera um atraso substancial nas datas previamente delineadas. No final do ano civil de 2013, em plena fase Melhorar, devido a uma reestruturação nos quadros administrativos da empresa, culminado com a saída do até então Diretor Geral da subsidiária, o projeto teve de ser temporariamente suspenso. Este retardamento numa fase tão avançada do projeto fez com que a equipa tivesse de redefinir as datas e os prazos de entrega, adaptando-se à nova realidade vivida no seio da SGGP.

Deste modo, a equipa recorreu de novo ao Diagrama de Gantt, de modo a conseguir gerir da melhor forma os restantes passos do projeto. Um esboço do planeamento atualizado do projeto pode ser consultado no Anexo D.

## 4.5 Fase Controlar (Control)

A última fase do ciclo DMAIC irá depender das ações que forem tomadas relativamente às melhorias implementadas previamente. Sendo que, o controlo destas mesmas melhorias deverá ser efetuado num longo prazo, não foi possível que o autor fizesse o devido acompanhamento e controlo da fase final do projeto. Contudo, assegurando-se que esta fase crucial do projeto fosse completada, optou-se por resumir sucintamente as quatro etapas fundamentais a serem seguidas para que o sucesso possa ser alcançado (Tabela 4.33).

Tabela 4.33 – Síntese das etapas da fase Controlar

Fase Controlar	
Etapa	Técnicas e ferramentas
I) Avaliação do novo nível Sigma	Cálculo do nível Sigma
II) Preparar o controlo da solução	Plano de Controlo
III) Controlar e avaliar a solução	Controlo Estatístico
IV) Liquidar o projeto	Revisões finais

#### 4.5.1 Avaliação do novo nível Sigma

Uma vez implementadas as soluções e alcançadas as melhorias ao nível da otimização do nível de *stocks*, foi também necessário avaliar o novo nível Sigma do projeto, de modo a conferir se a variabilidade da métrica estudada teria sido minimizada, aumentando deste modo a qualidade do processo.

De acordo com a matriz otimizada constatou-se que do universo de 205 artigos comercializados, 167 tinham o valor da respetiva classe de cobertura de *stock* fora dos intervalos definidos. Destas 167 ocorrências de defeito, 11 pertenciam à classe A, 48 à classe B e 108 à classe C.

Assim, analogamente ao processo seguido na fase Medir foi calculado o DPMO e o respetivo nível Sigma global do projeto, bem como o nível Sigma para cada uma das classes A, B e C. Os resultados gerados podem ser observados na Tabela 4.34.

Constata-se deste modo um acréscimo progressivo do nível Sigma do projeto, o que leva a crer que as soluções implementadas conduziram a uma redução, ainda que diminuta, na variabilidade do processo.

Tabela 4.34 – Valores do nível Sigma e DPMO para a situação final

	Número de artigos	Número de unidades processadas (N)	Número de oportunidades de defeito (O)	Total de defeitos (D)	DPMO	Nível Sigma
<b>Classe A</b>	22	205	6	11	8943,09	3,87
<b>Classe B</b>	61	205	6	48	39024,39	3,27
<b>Classe C</b>	137	205	6	108	87804,88	2,86
<b>Global</b>	<b>205</b>	<b>205</b>	<b>6</b>	<b>167</b>	<b>135772,36</b>	<b>2,61</b>

Após a avaliação do nível Sigma, a equipa está apta a efetuar comparações da situação final com a situação inicial estimada na fase Medir. Assim, a Figura 4.7 e a Figura 4.8 representam

esquemáticamente a curva da Distribuição de Gauss para o nível Sigma da situação inicial e final, respetivamente.

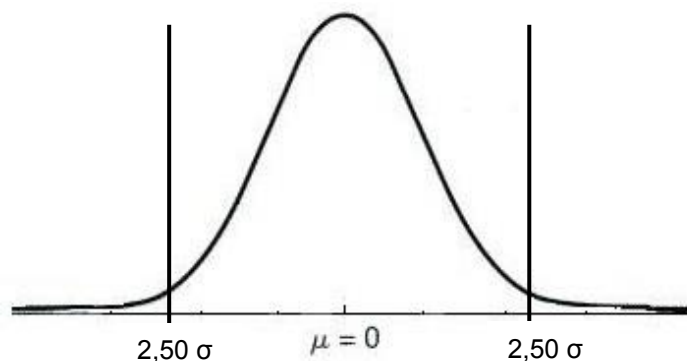


Figura 4.7 – Curva de Gauss para o nível Sigma Inicial

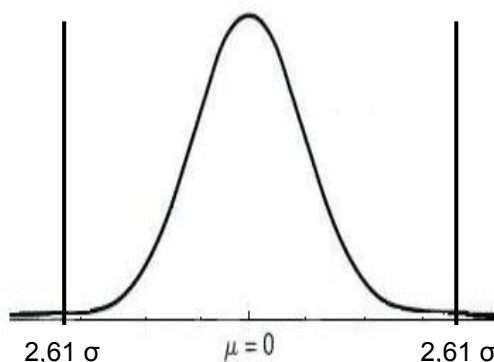


Figura 4.8 – Curva de Gauss para o nível Sigma final

#### 4.5.2 Preparar o controlo da solução

O sucesso de qualquer projeto de melhoria contínua depende do controlo que é efetuado no longo prazo, de maneira a que os ganhos gerados na fase Melhorar não pereçam. Dado que por esta altura as soluções já foram implementadas, surge a necessidade de se elaborar um plano de controlo que indique os procedimentos a ter em conta de modo a que a solução possa conservar os ganhos alcançados.


O plano de controlo gerado pelos intervenientes do projeto encontra-se na Tabela 4.35 e apresenta os critérios a serem seguidos na monitorização do mesmo, assim como o plano de ações das potenciais melhorias que foram identificadas.

#### 4.5.3 Controlar e avaliar a solução

O desempenho das soluções implementadas foi controlado e monitorizado com base em técnicas do controlo estatístico de processo, tais como as cartas de controlo.

Dada a restrição temporal, o autor não teve possibilidade de acompanhar esta etapa do projeto, porém, o Departamento de Melhoria Contínua encarregou-se de assegurar a sua conclusão, seguindo o plano de controlo definido.

Tabela 4.35 – Plano de controlo do projeto

	Projeto <i>Lean Seis Sigma Saint-Gobain Glass Portugal</i>		Sponsor: Interveniente 1		Data início: 01 de Junho 2014			
	Projeto: Otimização do nível de <i>stock</i> do armazém de Santa Iria de Azóia		Responsável: Rui Abreu		Data fim: 01 de Outubro 2015			
Plano de controlo								
Causa crítica (X)	Parâmetro	X / Y	Frequência	Quem mede?	Local de Registo	Plano de Ações		
						Ação	Duração	Responsável
Nível de <i>stock</i>	Toneladas	X	Revisão contínua	Departamento logístico	SAP	Otimização	6 meses	Interv. 2
Nível de <i>stock</i> de segurança	95% do nível máximo verificado no período Janeiro 2014 até à data	X	Revisão contínua	Direção de fábrica	SAP	Atualização de acordo com históricos de 2014	6 meses	Interv. 2
<i>Lead time</i> de entrega ao cliente (dias)	1<Classe A<3 3<Classe B<7 7<Classe C<20	X	Revisão mensal	Departamento comercial	Carta de serviço	Atualização dos artigos não otimizados	Final de 2015	Interv. 3
Tipo de ordem de produção MTO ou MTS	De acordo com a classificação ABC	X	De acordo com planeamento pull	Direção de fábrica	Interno	Analisar expedições artigo a artigo	6 meses	Interv. 1

#### 4.5.4 Liquidar o projeto

Apesar do autor não ter tido a possibilidade de acompanhar o controlo e monitorização do projeto, foi-lhe porém possível resumir todos os ganhos alcançados até ao final da etapa Melhorar. Assim, a Tabela 4.36 apresenta um resumo das medidas de desempenho e a respetiva comparação das alterações que ocorreram com o desenrolar do projeto *Lean Seis Sigma*.

Tabela 4.36 – Resumo dos ganhos gerados com as ações de melhoria

<b>Medida de desempenho</b>	<b>Situação inicial</b>	<b>Situação final</b>
<b>Número de artigos</b>	220	205
<b>Nível Sigma (<math>\sigma</math>)</b>	2,50	<b>2,61</b>
<b>Valor financeiro investido em <i>stock</i> (€)</b>	840.407	571.822
<b>Benefícios financeiros</b>		
<b>Perdas (€)</b>	-	2.241
<b>Ganhos (€)</b>	-	270.837
<b>Custos de implementação (€)</b>	-	15.350
<b>Benefícios líquidos (€)</b>	-	<b>253.246</b>



## 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES FINAIS

---

Neste último capítulo da dissertação serão apresentadas as conclusões do caso de estudo através da exposição dos ganhos gerados ao longo do projeto. Serão também discutidas as contribuições teóricas que possam advir do desenvolvimento deste documento. Por último serão apresentadas propostas para o desenvolvimento de trabalhos futuros no seio da empresa.

### 5.1 Conclusões finais

A realização deste projeto permitiu constatar a influência que as metodologias *Lean* e Seis Sigma têm na melhoria dos processos de uma organização. Tratando-se de duas abordagens distintas, comprovou-se que ambas as filosofias, quando apoiadas pelas respectivas técnicas e ferramentas, influem consideravelmente no aumento da qualidade dos processos e na redução dos custos operacionais. Nesse sentido, ficou patente a sinergia que existe entre o *Lean* e o Seis Sigma e os benefícios que advêm de se conjugarem estas duas metodologias de melhoria contínua. Foi também possível verificar a utilidade do ciclo DMAIC na condução de projetos desta natureza, contribuindo de uma forma organizada na estruturação coerente dos passos a serem seguidos.

O sucesso do caso de estudo deveu-se em grande parte a uma correta definição do problema do projeto, através da identificação do processo condutor e tendo em conta os requisitos críticos de qualidade gerados pelos clientes, os denominados CTQ's. De extrema importância nesta primeira fase do ciclo DMAIC foi a elaboração do *Project Charter*, onde foram referidas e detalhadas as variáveis do problema e no qual foram definidos os objetivos e as metas a atingir.

Depois de definido o problema do projeto, foi-se avaliar o desempenho do processo da gestão de *stocks*, primeiramente através do mapeamento do processo onde se recorreu ao Diagrama *Swim Lanes* e posteriormente, por meio da recolha de dados válidos e coerentes. Nesta fase, aplicou-se a Análise ABC com o intuito de ordenar os artigos por classes, tendo em conta a respetiva média diária das expedições. Por fim, foi avaliado o nível Sigma do processo, bem como o potencial máximo de melhoria do projeto, isto é, a meta teórica passível de ser alcançada.

Na fase Analisar, a terceira do ciclo DMAIC, analisou-se a informação recolhida identificando-se as possíveis causas do problema para que posteriormente pudessem ser priorizadas de acordo com a intuição e experiência dos intervenientes. Constatou-se que a raiz do problema do projeto assentava no facto do nível de *stocks* de produto acabado, assim como o nível de *stocks* de segurança estarem desajustados ao contexto atualmente vivido na empresa. Nesse sentido, as ferramentas utilizadas nesta fase e que auxiliaram o seu sucesso foram respetivamente, o Diagrama de *Ishikawa* e o *Brainstorming*.

A penúltima fase do ciclo DMAIC teve como objetivo apresentar as devidas propostas de melhoria de modo a que as metas delineadas fossem atingidas. Neste caso, após definidos os critérios de

melhoria, dividiram-se as etapas em três grupos distintos. Inicialmente aplicaram-se soluções de melhoria nos artigos cujo nível de *stock* em armazém era inexistente e que desse modo pertenciam à classe de cobertura de stock muito baixa (1). Nestes casos avaliou-se a possibilidade de aumentar os níveis de *stock* para valores que iguallassem os *stocks* de segurança definidos, reduzindo assim a probabilidade de ocorrência de ruturas. Numa segunda etapa, concentraram-se esforços em reduzir o nível de *stock* dos artigos pertencentes à classe de cobertura extremamente alta (6), e que por conseguinte eram responsáveis pelo elevado capital imobilizado. Deste modo, pela redução do nível de *stocks* desses mesmos artigos para valores que iguallassem os respetivos *stocks* de segurança foi possível alcançar uma redução de aproximadamente 230.700 € nos custos de armazenagem. Por fim, estudou-se a oportunidade de reduzir os *stocks* de produto final das restantes classes de cobertura. Analogamente à etapa anterior, otimizaram-se os níveis de quatro artigos, obtendo-se uma redução de sensivelmente 40.137 € nos custos logísticos.

O conjunto de resultados obtidos com a implementação de melhorias excedeu substancialmente as expectativas da empresa, gerando uma redução no capital imobilizado em *stock* de 268.596 € e fazendo com que o valor financeiro imobilizado se viesse a situar nos 571.822 €. Uma vez contabilizados os custos associados à implementação de melhorias, o benefício líquido do projeto foi de 253.246 €. Relativamente ao nível Sigma, os resultados alcançados não foram tão favoráveis visto que foi somente possível progredir do valor  $2,50\sigma$  para o valor atual de  $2,61\sigma$ , não atingindo deste modo a meta proposta de  $3\sigma$ . Esta pequena margem de progressão diz respeito a uma redução de 24.076 defeitos por cada milhão de oportunidades. A Tabela 5.1 resume os ganhos alcançados ao longo do projeto.

Tabela 5.1 – Comparação dos ganhos face à situação inicial

Medida de desempenho	Situação inicial	Situação final	Ganhos face à situação inicial
Nível Sigma	$2,50\sigma$	$2,61\sigma$	+ 4,4%
Valor financeiro investido em <i>stock</i>	840.407€	571.822€	- 32%

Adicionalmente, o projeto *Lean Seis Sigma* gerou benefícios intangíveis ao nível do desempenho do processo tais como a satisfação dos clientes, quer por meio da otimização dos prazos de entrega, quer através da minimização da probabilidade de ocorrência de ruturas de *stock*.

## 5.2 Contribuições da dissertação

A nível teórico e no que à revisão bibliográfica diz respeito, esta dissertação providencia uma contribuição relevante visto que trata de, por meio de um *roadmap* descritivo, definir e fundamentar detalhadamente o ciclo DMAIC, bem como algumas das suas técnicas e ferramentas. Pretende-se deste modo que o *roadmap* apresentado possa servir como documento de estudo e aprendizagem para outros autores, assim como base de implementação de outros projetos de melhoria contínua.



A nível prático, dado que foram obtidos ganhos substanciais, maioritariamente ao nível da redução do capital imobilizado em *stock*, espera-se que o presente caso de estudo possa servir de apoio a futuros projetos *Lean Seis Sigma*, particularmente quando aplicados na otimização no nível de *stock* de produto acabado.

### 5.3 Propostas de trabalhos futuros

Finalizado o projeto e de acordo com a filosofia de melhoria contínua vivida na empresa, apresentam-se algumas sugestões de trabalhos futuros que possam complementar os ganhos gerados pelo presente caso de estudo, assim como produzir benefícios complementares:

- **Otimização do nível de *stocks* dos restantes artigos**

Dada a restrição temporal, o presente caso de estudo não alcançou os ganhos máximos estimados aquando da avaliação do potencial de melhoria. Visto que se verifica a existência de 167 artigos para os quais não foi possível otimizar os níveis de *stocks*, propõem-se que as ações de melhoria conduzidas na fase Melhorar sejam seguidas num outro projeto de melhoria contínua.

- **Aplicação do modelo de produção *pull***

Uma empresa multinacional líder de mercado deverá sempre que possível adotar o sistema de produção *pull*, de modo a minimizar tanto os *stocks* intermédios, como os *stocks* de produto final. Nesse sentido, sugere-se efetuar uma avaliação de todos os artigos presentes na carta de serviço da empresa de modo a, analisando a tendência das suas expedições estudar a hipótese de se aplicar o modelo de produção *make to order* (MTO) ou o modelo de produção *make to stock* (MTS).



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Akbulut-Bailey, A. Y., Motwani, J., & Smedley, E. M. (2012). When Lean and Six Sigma converge: a case study of a successful implementation of Lean Six Sigma at an aerospace company. *International Journal of Technology Management*, 57(1-3), 18-32. doi: 10.1504/ijtm.2012.043949
- Antony, J., & Banuelas, R. (2002). Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. *MEASURING BUSINESS EXCELLENCE*, 6, 20-27.
- Aruleswaran, A. (2010). *Changing with Lean Six SIGMA*: Createspace Independent Pub.
- Bairrão, João. (2010). *Implementação da Metodologia 6 Sigma no Processo de Facturação*. Universidade Nova de Lisboa.
- Black, J.R. (2008). *Lean Production: Implementing a World-class a System*: Industrial Press, Incorporated.
- Boyer, K.K., & Verma, R. (2009). *Operations & Supply Chain Management for the 21st Century [With Access Code]*: CENGAGE LEARNING.
- British Quality Foundation. About Lean Six Sigma. Obtido em Fevereiro de 2014 de: <http://www.bqf.org.uk/performance-improvement/about-lean-six-sigma>
- Brunet, Adam Paul, & New, Steve. (2003). Kaizen in Japan: an empirical study. *International Journal of Operations & Production Management*, 23(12), 1426-1446.
- Center for the Advancement of Process, Technology. (2011). *Process quality*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Chen, Joseph C., Li, Ye, & Shady, Brett D. (2008). From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: an industrial case study. *International Journal of Production Research*, 48(4), 1069-1086. doi: 10.1080/00207540802484911
- Chiarini, A. (2012). *Lean Organization: From the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*: Springer.
- Cimorelli, S. (2013). *Kanban for the Supply Chain: Fundamental Practices for Manufacturing Management*: CRC Press/Taylor & Francis Group.
- Coyle, J.J., Langley, C.J., Gibson, B.J., Novack, R.A., & Bardi, Edward J. (2008). *Supply chain management: a logistics perspective*: South-Western Cengage Learning.
- Cudney, E.A., & Kestle, R. (2010). *Implementing Lean Six Sigma Throughout the Supply Chain: The Comprehensive and Transparent Case Study*: Productivity Press.
- Dedhia, Navin Shamji. (2005). Six sigma basics. *Total Quality Management & Business Excellence*, 16(5), 567-574. doi: 10.1080/14783360500077468
- Dolcemascolo, D. (2006). *Improving the extended value stream: lean for the entire supply chain*: PRODUCTIVITY PressINC.
- Dudbridge, M. (2011). *Handbook of Lean Manufacturing in the Food Industry*: Wiley.
- Farris, Jennifer A., Van Aken, Eileen M., Doolen, Toni L., & Worley, June. (2009). Critical success factors for human resource outcomes in Kaizen events: An empirical study. *International*

- Journal of Production Economics*, 117(1), 42-65. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.08.051>
- Forbes Media LLC. *The World's Biggest Public Companies*. Obtido em Janeiro de 2014 de: [http://www.forbes.com/global2000/list/#page:1\\_sort:0\\_direction:asc\\_search:\\_filter:Construction%20Materials\\_filter:All%20countries\\_filter:All%20states](http://www.forbes.com/global2000/list/#page:1_sort:0_direction:asc_search:_filter:Construction%20Materials_filter:All%20countries_filter:All%20states)
- Forrest W. Breyfogle, III. (2003). *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*: Wiley.
- Forrest W. Breyfogle, III, Cupello, J.M., & Meadows, B. (2000). *Managing Six Sigma: A Practical Guide to Understanding, Assessing, and Implementing the Strategy That Yields Bottom-Line Success*: John Wiley & Sons.
- George, Michael L. (2005). *The Lean Six Sigma pocket toolbook : a quick reference guide to nearly 100 tools for improving process quality, speed, and complexity*. New York: McGraw-Hill.
- Glover, Wiljeana J., Farris, Jennifer A., Van Aken, Eileen M., & Doolen, Toni L. (2011). Critical success factors for the sustainability of Kaizen event human resource outcomes: An empirical study. *International Journal of Production Economics*, 132(2), 197-213. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.04.005>
- Godfrey, A. B. (2002). In the beginning. *Six Sigma Forum Magazine*, 1, 46-49.
- Goldsby, T.J., & Martichenko, R. (2005). *Lean Six Sigma Logistics: Strategic Development to Operational Success*: J. Ross Publishing, Incorporated.
- Hahn, G. J., Hill, W. J., Hoerl, R. W., & Zinkgraf, S. A. (1999). The impact of six sigma improvement - A glimpse into the future of statistics. *American Statistician*, 53(3), 208-215. doi: 10.2307/2686099
- Hahn, Gerald J., Doganaksoy, Necip, & Hoerl, Roger. (2000). THE EVOLUTION OF SIX SIGMA. *Quality Engineering*, 12(3), 317-326. doi: 10.1080/08982110008962595
- Hansen, D.R., Mowen, M.M., & Guan, L. (2009). *Cost Management: Accounting and Control*: South-Western Cengage Learning.
- Harry, M.J., & Schroeder, R. (2006). *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*: Crown Publishing Group.
- Harry, M.J., & Schroeder, R.R. (2000). *Six sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations*: Currency.
- Hinckley, CliffordMartin. (2007). Combining mistake-proofing and Jidoka to achieve world class quality in clinical chemistry. *Accreditation and Quality Assurance*, 12(5), 223-230. doi: 10.1007/s00769-007-0256-7
- Hines, Peter, Holweg, Matthias, & Rich, Nick. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*, 24(10), 994-1011.
- Hyer, Nancy Lea, & Wemmerlöv, Urban. (2002). *Reorganizing the factory : competing through cellular manufacturing*. Portland, Or.: Productivity Press.
- Jayaram, Jayanth, Das, Ajay, & Nicolae, Mariana. (2010). Looking beyond the obvious: Unraveling the Toyota production system. *International Journal of Production Economics*, 128(1), 280-291. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.07.024>

- John, A., Meran, R., Lunau, S., & Roenpage, O. (2008). *Six Sigma Plus Lean Toolset*: Springer Berlin Heidelberg.
- Kimmel, P.D., Weygandt, J.J., & Kieso, D.E. (2008). *Accounting: tools for business decision making*: John Wiley & Sons Canada, Limited.
- Kremer, R.J., & Fabrizio, T. (2005). *The Lean Primer - Solutions for the Job Shop*: MCS Media, Incorporated.
- Kwak, Young Hoon, & Anbari, Frank T. (2006). Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. *TECH Technovation*, 26(5), 708-715.
- Liker, Jeffrey K. (2004). The Toyota way 14 management principles from the world's greatest manufacturer. from <http://www.books24x7.com/marc.asp?isbn=0071392319>
- Linderman, K. (2003). Six Sigma: a goal-theoretic perspective. *Journal of Operations Management* *Journal of Operations Management*, 21(2), 193-203.
- Linderman, K., Schroeder, R. G., Zaheer, S., & Choo, A. S. (2003). Six Sigma: a goal-theoretic perspective. *JOURNAL OF OPERATIONS MANAGEMENT*, 21(2), 193-203.
- Martin, T.D., & Bell, J.T. (2011). *New Horizons in Standardized Work: Techniques for Manufacturing and Business Process Improvement*: Productivity Press.
- McCarty, T., Daniels, L., Bremer, M., Gupta, P., Heisey, J., & Mills, K. (2004). *The Six Sigma Black Belt Handbook, Chapter 1 - Introduction to Six Sigma*: McGraw-Hill Education.
- McCarty, Thomas, Bremer, Michael, Daniels, Lorraine, Gupta, Praveen, Heisey, John, & Mills, Kathleen. (2004). *The Six Sigma Black Belt Handbook*.
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662-673. doi: <http://dx.doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Mikel J Harry, P.D. (1998). *Vision of Six Sigma: A Road Map for Breakthrough*: Sigma Publishing Company.
- Montgomery, D. C., & Woodall, W. H. (2008). An Overview of Six Sigma. *International Statistical Review*, 76(3), 329-346. doi: 10.1111/j.1751-5823.2008.00061.x
- Montgomery, Douglas C. (2009). *Statistical quality control : a modern introduction*. Hoboken, N.J.: Wiley.
- Morgan, J., & Brenig-Jones, M. (2012). *Lean Six Sigma For Dummies*: John Wiley & Sons.
- Obara, S., & Wilburn, D. (2012). *Toyota By Toyota: Reflections from the Inside Leaders on the Techniques That Revolutionized the Industry*: Taylor & Francis Limited.
- Ōno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*: Productivity Press.
- Pande, P.S., & Holpp, L. (2002). *What is six sigma?* : McGraw-Hill.
- Pande, Peter S., Neuman, Robert P., & Cavanagh, Roland R. (2000). The Six Sigma way how GE, Motorola, and other top companies are honing their performance. from <http://catalog.hathitrust.org/api/volumes/oclc/43501390.html>
- Park, S.H., & Antony, J. (2008). *Robust Design for Quality Engineering and Six Sigma*: World Scientific.
- Park, Sung H., & Asian Productivity, Organization. (2003). *Six Sigma for quality and productivity promotion*. [Tokyo]: Asian Productivity Organization.

- Pascal, D. (2007). *Lean production simplified: a plain language guide to the world's most powerful production system*: PRODUCTIVITY PressINC.
- Pereira, Zulema, & Requeijo, José G. (2012). *Qualidade: Planeamento e Controlo Estatístico de Processos*. Monte de Caparica: Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Perez-Wilson, M. (1999). *Six sigma: understanding the concept, implications and challenges*: Advanced Systems Consultants.
- Pyzdek, Thomas. (2003). *The Six Sigma handbook : a complete guide for green belts, black belts, and managers at all levels*. New York; London: McGraw-Hill.
- Rawabdeh, I. A. (2005). A model for the assessment of waste in job shop environments. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(7-8), 800-822. doi: 10.1108/01443570510608619
- Ricardo Banuelas, Coronado, & Jiju, Antony. (2002). Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organisations. *The TQM Magazine*, 14(2), 92-99.
- Saint-Gobain Glass. (2011). *Process Insight*. Unpublished Work.
- Schmidt, Stephen R., Launsby, Robert G., & Kiemele, Mark Jay. (1997). *Understanding industrial designed experiments*. Colorado Springs, Colo.: Air Academy Press.
- Schwalbe, K. (2010). *Information Technology Project Management: With Microsoft Project 2007*: Course Technology/Cengage Learning.
- Sendil Kumar, C., & Panneerselvam, R. (2007). Literature review of JIT-KANBAN system. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 32(3-4), 3-4.
- Shafer, Scott M., & Moeller, Sara B. (2012). The effects of Six Sigma on corporate performance: An empirical investigation. *Journal of Operations Management*, 30(7-8), 521-532. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2012.10.002>
- Shah, R., Chandrasekaran, A., & Linderman, K. (2008). In pursuit of implementation patterns: the context of Lean and Six Sigma. *International Journal of Production Research*, 46(23), 6679-6699. doi: 10.1080/00207540802230504
- Summers, Donna C. S. (2011). *Lean six sigma : process improvement tools and techniques*. Boston: Pearson Prentice Hall.
- Taghizadegan, S. (2010). *Essentials of Lean Six Sigma*. Amsterdam; Boston, Mass: Elsevier Science.
- Taghizadegan, Salman. (2006). *Essentials of Lean Six Sigma*.
- Tang, Loon Ching, Goh, Thong Ngee, Lam, Shao Wei, & Zhang, Cai Wen. (2007). Fortification of Six Sigma: Expanding the DMAIC Toolset. *Quality and Reliability Engineering International*, 23(1), 3-18. doi: 10.1002/qre.822
- Toyota Production System Basic Handbook. (2013) (pp. 33). Atlanta; US: Art of Lean Inc. Retrieved from [http://www.artoflean.com/files/Basic\\_TPS\\_Handbook\\_v1.pdf](http://www.artoflean.com/files/Basic_TPS_Handbook_v1.pdf).
- Werkema, Maria Cristina Catarino. (2004). *Criando a cultura Seis Sigma* (Vol. 1). Nova Lima, MG: Werkema Editora.
- What is Six Sigma. (2013). Illinois: Motorola University. Retrieved from <http://www.motorolasolutions.com/web/Business/ Moto University/ Documents/ Static Files/ What is SixSigma.pdf>.

- Womack, J.P., Jones, D.T., & Roos, D. (2007). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production-- Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry*: Free Press.
- Womack, James P., & Jones, Daniel T. (2003). *Lean thinking banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Simon & Schuster.
- Yang, K., & El-Haik, B.S. (2003). *Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development*: McGraw-Hill.





## ANEXOS

### Anexo A – Parâmetros calculados para os 220 artigos estudados, com base no histórico das expedições durante os meses de Janeiro a Outubro

Tabela A.1 - Parâmetros calculados para a totalidade dos artigos com base no histórico das expedições

Designação comercial	Total Exp. (Tons.)	Média Diária Exp. (Tons./dia)	Stocks 15/11/2013	Preço venda (€/ton)	2-sigma (>95%)	Stock Segur. (Tons.)	Stock Segur. (dias)	Re-order Point (Tons.)	Re-order Point (Dias)	Dias de cobertura	Clase de Stock
SGG 3	14,51	0,05	2,90	409,96	11,02	0,367	7,60	0,42	8,60	60	8
SGG 5	5,80	0,02	6,96	412,40	2,57	0,086	4,43	0,11	5,43	360	68
SGG 6	11,60	0,04	11,60	440,64	5,51	0,184	4,75	0,22	5,75	300	54
SGG 7	59,23	0,20	8,53	446,22	13,50	0,450	2,28	0,65	3,28	43	15
SGG 9	97,25	0,32	21,11	441,96	24,38	0,813	2,51	1,14	3,51	65	20
SGG 10	0,38	0,00	0,86	471,70	0,36	0,012	9,50	0,01	10,50	675	66
SGG 11	49,89	0,17	2,32	434,01	15,43	0,514	3,09	0,68	4,09	14	5
SGG 13	21,96	0,07	0,48	554,04	20,86	0,695	9,50	0,77	10,50	6	1
SGG 16	19,90	0,07	17,06	486,06	8,10	0,270	4,07	0,34	5,07	257	52
SGG 17	19,11	0,06	3,79	482,24	7,88	0,263	4,12	0,33	5,12	60	13
SGG 18	26,81	0,09	1,71	447,64	6,50	0,217	2,43	0,31	3,43	19	7
SGG 19	15,99	0,05	11,00	360,43	6,12	0,204	3,83	0,26	4,83	206	44
SGG 20	58,95	0,20	5,60	274,84	13,84	0,461	2,35	0,66	3,35	29	10
SGG 22	28,96	0,10	12,28	274,84	9,82	0,327	3,39	0,42	4,39	127	30
SGG 23	20,06	0,07	4,64	265,17	9,25	0,308	4,61	0,38	5,61	69	14
SGG 24	12,09	0,04	7,18	265,17	3,00	0,100	2,48	0,14	3,48	178	53
SGG 25	4,24	0,01	1,19	265,17	4,03	0,134	9,50	0,15	10,50	84	10
SGG 26	2,12	0,01	2,12	265,17	2,01	0,067	9,50	0,07	10,50	300	30
SGG 27	31,66	0,11	5,42	428,73	13,82	0,461	4,36	0,57	5,36	51	11
SGG 28	8,12	0,03	2,71	412,05	2,57	0,086	3,17	0,11	4,17	100	26
SGG 29	3,00	0,01	1,39	310,67	1,45	0,048	4,84	0,06	5,84	139	25
SGG 31	2,85	0,01	7,42	681,14	2,44	0,081	8,55	0,27	28,55	780	29
SGG 37	134,88	0,45	9,67	691,91	128,13	4,271	9,50	26,75	59,50	22	2
SGG 47	16,26	0,05	4,28	506,25	4,88	0,163	3,00	0,22	4,00	79	21
SGG 48	27,07	0,09	5,41	444,47	10,29	0,343	3,80	0,43	4,80	60	14
SGG 49	10,27	0,03	1,71	506,25	4,88	0,163	4,75	0,20	5,75	50	10
SGG 50	19,34	0,06	10,44	444,47	5,14	0,171	2,66	0,24	3,66	162	46
SGG 51	14,83	0,05	75,01	435,34	5,42	0,181	3,65	0,23	4,65	1517	328
SGG 52	64,19	0,21	8,12	388,00	22,41	0,747	3,49	0,96	4,49	38	10

Designação comercial	Total Exp. (Tons.)	Média Diária Exp. (Tons./dia)	Stocks 15/11/2013	Preço venda (€/ton)	2-sigma (>95%)	Stock Segur. (Tons.)	Stock Segur. (dias)	Re-order Point (Tons.)	Re-order Point (Dias)	Dias de cobertura	Clase de Stock
SGG 54	43,64	0,15	2,57	435,34	39,02	1,301	8,94	4,21	28,94	18	2
SGG 58	8,22	0,03	3,87	627,77	5,51	0,184	6,71	0,73	26,71	141	7
SGG 63	2,57	0,01	0,57	601,73	2,44	0,081	9,50	0,21	24,50	67	4
SGG 65	2,42	0,01	2,42	481,91	2,30	0,077	9,50	0,20	24,50	300	14
SGG 66	82,15	0,27	12,83	601,73	17,07	0,569	2,08	0,84	3,08	47	17
SGG 67	108,66	0,36	12,76	527,79	30,86	1,029	2,84	1,39	3,84	35	11
SGG 68	146,33	0,49	27,67	601,73	26,83	0,894	1,83	1,38	2,83	57	22
SGG 69	216,54	0,72	5,80	527,79	43,72	1,457	2,02	2,18	3,02	8	4
SGG 71	182,27	0,61	28,24	601,73	29,27	0,976	1,61	1,58	2,61	46	19
SGG 72	222,35	0,74	13,92	527,79	65,76	2,192	2,96	2,93	3,96	19	6
SGG 74	4,25	0,01	1,16	510,01	3,31	0,110	7,77	0,12	8,77	82	11
SGG 76	2,71	0,01	8,12	510,01	2,57	0,086	9,50	0,27	29,50	900	32
SGG 79	28,53	0,10	8,70	394,63	13,78	0,459	4,83	0,55	5,83	92	17
SGG 80	68,46	0,23	11,60	428,55	26,45	0,882	3,86	1,11	4,86	51	12
SGG 84	11,37	0,04	8,53	380,19	8,10	0,270	7,13	0,31	8,13	225	29
SGG 85	1,42	0,00	1,34	395,39	1,35	0,045	9,50	0,14	29,50	283	11
SGG 86	54,19	0,18	13,98	380,04	24,38	0,813	4,50	0,99	5,50	77	16
SGG 87	35,19	0,12	8,12	376,50	23,14	0,771	6,58	0,89	7,58	69	11
SGG 88	44,49	0,15	4,41	270,67	9,31	0,310	2,09	0,46	3,09	30	11
SGG 89	48,09	0,16	2,78	254,41	8,54	0,285	1,78	0,44	2,78	17	8
SGG 90	23,41	0,08	2,81	253,94	5,82	0,194	2,48	0,27	3,48	36	12
SGG 91	1,49	0,00	1,49	582,87	1,42	0,047	9,50	0,05	10,50	300	30
SGG 92	0,47	0,00	3,15	1404,04	0,25	0,008	5,28	0,04	25,28	2000	81
SGG 93	0,21	0,00	3,75	537,75	0,20	0,007	9,50	0,01	10,50	5300	506
SGG 94	1,71	0,01	1,24	262,81	1,63	0,054	9,50	0,06	10,50	217	22
SGG 95	21,87	0,07	8,48	515,58	7,88	0,263	3,60	0,34	4,60	116	27
SGG 96	92,39	0,31	7,29	369,28	13,32	0,444	1,44	0,75	2,44	24	11
SGG 97	29,79	0,10	3,75	357,74	21,00	0,700	7,05	0,80	8,05	38	6
SGG 99	41,74	0,14	2,79	367,36	10,94	0,365	2,62	0,50	3,62	20	7
SGG 102	5,75	0,02	1,45	367,36	2,80	0,093	4,87	0,48	24,87	76	5
SGG 103	800,90	2,67	67,87	332,52	126,09	4,203	1,57	6,87	2,57	25	11
SGG 104	92,79	0,31	14,74	328,94	21,85	0,728	2,35	1,04	3,35	48	16
SGG 105	61,99	0,21	11,76	328,94	17,70	0,590	2,85	4,72	22,85	57	4
SGG 106	96,51	0,32	8,91	328,94	16,93	0,564	1,75	0,89	2,75	28	12
SGG 110	85,27	0,28	55,43	311,33	18,90	0,630	2,22	0,91	3,22	195	62
SGG 111	86,79	0,29	23,98	307,34	2,53	0,084	0,29	0,37	1,29	83	66
SGG 112	88,20	0,29	10,67	307,34	17,50	0,583	1,98	0,88	2,98	36	14
SGG 113	46,99	0,16	11,75	307,34	12,15	0,405	2,59	3,54	22,59	75	5

Designação comercial	Total Exp. (Tons.)	Média Diária Exp. (Tons./dia)	Stocks 15/11/2013	Preço venda (€/ton)	2-sigma (>95%)	Stock Segur. (Tons.)	Stock Segur. (dias)	Re-order Point (Tons.)	Re-order Point (Dias)	Dias de cobertura	Clase de Stock
SGG 115	85,28	0,28	11,41	301,57	24,39	0,813	2,86	1,10	3,86	40	12
SGG 116	9,70	0,03	1,09	266,12	4,03	0,134	4,16	0,78	24,16	34	3
SGG 118	16,90	0,06	11,12	296,37	10,97	0,366	6,49	1,49	26,49	197	9
SGG 122	22,28	0,07	3,86	309,30	4,48	0,149	2,01	0,22	3,01	52	19
SGG 123	63,67	0,21	2,95	276,82	11,07	0,369	1,74	0,58	2,74	14	7
SGG 124	5,80	0,02	11,60	331,04	2,76	0,092	4,75	0,11	5,75	600	106
SGG 125	31,30	0,10	5,09	324,65	8,06	0,269	2,58	0,37	3,58	49	15
SGG 126	16,78	0,06	0,19	295,79	5,31	0,177	3,17	1,30	23,17	3	2
SGG 127	2,85	0,01	17,11	322,85	2,71	0,090	9,50	0,10	10,50	1800	173
SGG 128	27,07	0,09	5,41	329,08	7,71	0,257	2,85	0,35	3,85	60	17
SGG 129	17,41	0,06	4,83	406,06	11,02	0,367	6,33	0,43	7,33	83	13
SGG 131	22,62	0,08	8,48	413,32	5,37	0,179	2,38	0,25	3,38	113	35
SGG 133	25,35	0,08	17,06	412,07	8,10	0,270	3,20	0,35	4,20	202	50
SGG 134	0,44	0,00	1,51	389,33	0,42	0,014	9,50	0,04	29,50	1020	36
SGG 135	57,61	0,19	2,28	410,77	10,84	0,361	1,88	0,55	2,88	12	6
SGG 136	5,70	0,02	1,81	388,07	5,42	0,181	9,50	0,56	29,50	95	5
SGG 137	24,36	0,08	12,76	405,78	7,71	0,257	3,17	0,34	4,17	157	39
SGG 138	16,44	0,05	22,72	323,23	5,51	0,184	3,35	0,24	4,35	415	97
SGG 141	14,14	0,05	16,03	303,20	8,06	0,269	5,70	0,32	6,70	340	52
SGG 142	21,22	0,07	3,69	290,96	20,16	0,672	9,50	2,79	39,50	52	3
SGG 143	13,98	0,05	16,58	301,65	5,40	0,180	3,86	0,23	4,86	356	75
SGG 144	58,18	0,19	25,67	301,10	21,68	0,723	3,73	0,92	4,73	132	30
SGG 153	2,67	0,01	1,45	413,13	2,53	0,084	9,50	0,35	39,50	164	6
SGG 155	4,20	0,01	2,85	401,88	2,63	0,088	6,27	0,51	36,27	204	7
SGG 156	8,09	0,03	3,21	681,48	4,49	0,150	5,55	0,18	6,55	119	20
SGG 157	17,09	0,06	2,79	476,94	7,37	0,246	4,31	0,30	5,31	49	11
SGG 158	2,79	0,01	5,82	413,13	2,65	0,088	9,50	0,37	39,50	626	17
SGG 161	0,08	0,00	2,85	401,88	0,08	0,003	9,50	0,01	39,50	10800	275
SGG 162	1158,94	3,86	14,50	248,49	137,80	4,593	1,19	8,46	2,19	4	3
SGG 163	22,66	0,08	29,01	240,16	13,60	0,453	6,00	0,53	7,00	384	56
SGG 165	210,42	0,70	8,70	240,16	37,11	1,237	1,76	1,94	2,76	12	6
SGG 170	310,98	1,04	20,30	263,78	71,65	2,388	2,30	3,43	3,30	20	7
SGG 171	33,28	0,11	9,86	256,42	7,73	0,258	2,32	0,37	3,32	89	28
SGG 174	40,61	0,14	11,60	400,11	16,54	0,551	4,07	0,69	5,07	86	18
SGG 175	25,72	0,09	8,27	434,91	21,82	0,727	8,48	0,81	9,48	96	12
SGG 176	10,80	0,04	11,22	244,27	5,33	0,178	4,94	0,21	5,94	312	54
SGG 181	4,71	0,02	1,63	235,61	3,94	0,131	8,37	0,45	28,37	104	5

Designação comercial	Total Exp. (Tons.)	Média Diária Exp. (Tons./dia)	Stocks 15/1/2013	Preço venda (€/ton)	2-sigma (>95%)	Stock Segur. (Tons.)	Stock Segur. (dias)	Re-order Point (Tons.)	Re-order Point (Dias)	Dias de cobertura	Clase de Stock
SGG 183	3,65	0,01	0,54	259,65	1,78	0,059	4,87	0,24	19,87	44	4
SGG 184	2570,08	8,57	50,53	239,55	370,57	12,352	1,44	20,92	2,44	6	4
SGG 185	44,55	0,15	12,98	230,26	26,34	0,878	5,91	1,03	6,91	87	14
SGG 186	1,27	0,00	16,39	230,26	0,75	0,025	5,94	0,03	6,94	3881	561
SGG 187	22,20	0,07	11,38	230,26	11,27	0,376	5,08	0,45	6,08	154	27
SGG 189	359,27	1,20	18,45	230,26	55,81	1,860	1,55	3,06	2,55	15	8
SGG 191	38,84	0,13	1,96	230,26	24,22	0,807	6,24	0,94	7,24	15	4
SGG 192	52,88	0,18	17,89	230,26	15,05	0,502	2,84	0,68	3,84	101	28
SGG 193	42,73	0,14	9,74	230,26	12,89	0,430	3,02	0,57	4,02	68	19
SGG 194	1361,78	4,54	107,78	237,34	199,41	6,647	1,46	11,19	2,46	24	11
SGG 195	28,29	0,09	22,15	228,81	11,29	0,376	3,99	0,47	4,99	235	49
SGG 197	225,78	0,75	26,38	228,81	50,12	1,671	2,22	2,42	3,22	35	12
SGG 198	56,70	0,19	11,69	228,81	16,66	0,555	2,94	0,74	3,94	62	17
SGG 199	10,42	0,03	4,36	228,81	5,40	0,180	5,18	0,21	6,18	125	22
SGG 200	23,45	0,08	11,46	228,81	20,42	0,681	8,71	0,76	9,71	147	17
SGG 201	32,22	0,11	1,97	228,81	7,50	0,250	2,33	0,36	3,33	18	7
SGG 202	1435,50	4,78	70,00	248,21	213,08	7,103	1,48	11,89	2,48	15	7
SGG 203	134,28	0,45	5,42	240,17	24,20	0,807	1,80	1,25	2,80	12	6
SGG 205	122,27	0,41	11,60	240,17	27,56	0,919	2,25	1,33	3,25	28	10
SGG 206	17,15	0,06	20,76	240,17	7,96	0,265	4,64	0,32	5,64	363	66
SGG 207	1,39	0,00	13,15	240,17	1,32	0,044	9,50	0,05	10,50	2833	271
SGG 208	76,28	0,25	19,43	240,17	14,88	0,496	1,95	0,75	2,95	76	27
SGG 209	19,21	0,06	3,87	240,17	5,51	0,184	2,87	0,25	3,87	60	17
SGG 210	2206,04	7,35	61,04	240,12	342,47	11,416	1,55	18,77	2,55	8	5
SGG 211	128,98	0,43	23,40	231,24	28,67	0,956	2,22	1,39	3,22	54	18
SGG 212	71,18	0,24	5,93	231,25	17,23	0,574	2,42	0,81	3,42	25	9
SGG 213	187,61	0,63	11,98	231,25	28,55	0,952	1,52	1,58	2,52	19	9
SGG 214	55,80	0,19	2,95	231,25	11,20	0,373	2,01	0,56	3,01	16	7
SGG 216	157,32	0,52	39,79	231,24	32,92	1,097	2,09	1,62	3,09	76	26
SGG 217	1,05	0,00	16,83	231,25	0,99	0,033	9,50	0,04	10,50	4827	461
SGG 218	23,76	0,08	13,20	549,19	5,02	0,167	2,11	0,25	3,11	167	55
SGG 219	215,64	0,72	38,50	470,32	31,70	1,057	1,47	1,78	2,47	54	23
SGG 220	27,84	0,09	31,33	441,33	9,92	0,331	3,56	0,42	4,56	338	75
SGG 221	21,12	0,07	10,56	353,97	10,03	0,334	4,75	0,40	5,75	150	28
SGG 222	178,27	0,59	7,70	315,75	34,14	1,138	1,92	1,73	2,92	13	6
SGG 230	123,22	0,41	22,53	372,95	21,95	0,732	1,78	1,14	2,78	55	21
SGG 231	3,09	0,01	18,56	361,16	2,57	0,086	8,31	0,40	38,31	1800	48

Designação comercial	Total Exp. (Tons.)	Média Diária Exp. (Tons./dia)	Stocks 15/11/2013	Preço venda (€/ton)	2-sigma (>95%)	Stock Segur. (Tons.)	Stock Segur. (dias)	Re-order Point (Tons.)	Re-order Point (Dias)	Dias de cobertura	Clase de Stock
SGG 232	18,85	0,06	4,93	391,83	9,19	0,306	4,87	1,25	19,87	78	5
SGG 233	18,48	0,06	2,64	690,06	12,54	0,418	6,79	0,48	7,79	43	7
SGG 234	276,96	0,92	10,27	424,94	48,78	1,626	1,76	2,55	2,76	11	6
SGG 235	254,05	0,85	29,78	420,07	46,29	1,543	1,82	2,39	2,82	35	14
SGG 239	26,59	0,09	5,80	228,13	6,89	0,230	2,59	1,56	17,59	65	5
SGG 240	544,89	1,82	21,12	327,51	77,74	2,591	1,43	4,41	2,43	12	6
SGG 242	1271,58	4,24	38,22	296,37	180,47	6,016	1,42	10,25	2,42	9	5
SGG 244	124,13	0,41	8,12	288,30	25,35	0,845	2,04	1,26	3,04	20	8
SGG 246	46,40	0,15	17,40	367,01	11,02	0,367	2,38	0,52	3,38	113	35
SGG 247	3,99	0,01	5,98	367,01	1,89	0,063	4,75	0,08	5,75	450	80
SGG 248	81,26	0,27	16,59	446,93	16,12	0,537	1,98	0,81	2,98	61	22
SGG 249	7,21	0,02	10,39	446,93	3,63	0,121	5,03	0,14	6,03	432	73
SGG 251	22,27	0,07	10,90	409,22	8,10	0,270	3,64	0,34	4,64	147	33
SGG 252	1,51	0,01	1,69	409,22	0,51	0,017	3,35	0,02	4,35	335	79
SGG 253	3,95	0,01	1,03	409,22	3,75	0,125	9,50	0,14	10,50	78	9
SGG 254	42,21	0,14	5,70	384,29	10,84	0,361	2,57	0,50	3,57	41	13
SGG 255	2,25	0,01	7,38	384,29	1,83	0,061	8,14	0,07	9,14	986	109
SGG 256	24,36	0,08	8,12	388,70	10,29	0,343	4,22	0,42	5,22	100	21
SGG 257	4,06	0,01	6,09	388,70	1,93	0,064	4,75	0,08	5,75	450	80
SGG 259	1,33	0,00	5,92	276,72	1,26	0,042	9,50	0,05	10,50	1336	129
SGG 261	812,87	2,71	19,84	359,54	115,55	3,852	1,42	6,56	2,42	7	5
SGG 264	52,77	0,18	8,31	338,13	10,88	0,363	2,06	0,54	3,06	47	17
SGG 268	5,95	0,02	4,44	338,13	5,66	0,189	9,50	0,59	29,50	224	9
SGG 270	5,63	0,02	0,43	492,70	2,73	0,091	4,84	0,47	24,84	23	2
SGG 271	0,36	0,00	2,14	514,10	0,34	0,011	9,50	0,04	29,50	1800	63
SGG 272	79,38	0,26	5,67	614,92	10,77	0,359	1,36	0,62	2,36	21	11
SGG 273	13,74	0,05	7,95	653,92	5,04	0,168	3,67	0,21	4,67	174	39
SGG 274	50,29	0,17	1,81	648,69	16,46	0,549	3,27	0,72	4,27	11	4
SGG 277	4,04	0,01	0,43	648,69	3,84	0,128	9,50	0,14	10,50	32	5
SGG 278	0,83	0,00	4,88	492,70	0,34	0,011	4,07	0,07	24,07	1757	74
SGG 281	1445,77	4,82	35,36	326,55	179,86	5,995	1,24	10,81	2,24	7	5
SGG 283	13,56	0,05	5,58	305,63	5,30	0,177	3,91	1,08	23,91	123	7
SGG 284	61,90	0,21	16,32	308,82	15,51	0,517	2,51	0,72	3,51	79	24
SGG 286	121,35	0,40	11,41	305,63	24,38	0,813	2,01	1,22	3,01	28	11
SGG 287	6,08	0,02	2,79	305,63	5,78	0,193	9,50	0,60	29,50	137	6
SGG 288	57,03	0,19	15,97	305,63	26,01	0,867	4,56	1,06	5,56	84	17
SGG 289	94,67	0,32	4,56	430,08	19,50	0,650	2,06	0,97	3,06	14	6

Designação comercial	Total Exp. (Tons.)	Média Diária Exp. (Tons./dia)	Stocks 15/11/2013	Preço venda (€/ton)	2-sigma (>95%)	Stock Segur. (Tons.)	Stock Segur. (dias)	Re-order Point (Tons.)	Re-order Point (Dias)	Dias de cobertura	Clase de Stock
SGG 292	17,87	0,06	5,32	416,60	7,22	0,241	4,04	0,30	5,04	89	19
SGG 294	120,52	0,40	40,31	441,42	15,17	0,506	1,26	0,91	2,26	100	46
SGG 296	17,13	0,06	8,73	504,53	8,29	0,276	4,84	0,33	5,84	153	28
SGG 297	38,36	0,13	7,56	500,63	13,14	0,438	3,43	0,57	4,43	59	15
SGG 298	0,86	0,00	2,00	500,63	0,81	0,027	9,50	0,03	10,50	700	68
SGG 299	32,70	0,11	2,66	450,64	19,51	0,650	5,97	0,76	6,97	24	5
SGG 302	917,00	3,06	11,92	298,59	109,63	3,654	1,20	6,71	2,20	4	3
SGG 305	167,39	0,56	18,24	281,35	52,75	1,758	3,15	2,32	4,15	33	9
SGG 307	62,21	0,21	2,15	277,95	24,45	0,815	3,93	1,02	4,93	10	4
SGG 308	14,78	0,05	1,11	277,95	8,76	0,292	5,92	1,28	25,92	23	2
SGG 309	11,92	0,04	9,06	391,90	6,79	0,226	5,70	1,42	35,70	228	8
SGG 310	6,67	0,02	5,24	325,17	3,17	0,106	4,75	0,13	5,75	236	42
SGG 311	2,84	0,01	2,84	307,93	2,70	0,090	9,50	0,10	10,50	300	30
SGG 312	48,63	0,16	8,58	447,04	10,87	0,362	2,24	0,52	3,24	53	18
SGG 313	14,48	0,05	7,87	497,94	5,61	0,187	3,87	0,24	4,87	163	35
SGG 314	15,60	0,05	4,26	501,33	5,39	0,180	3,45	0,23	4,45	82	20
SGG 318	298,31	0,99	34,42	279,90	46,32	1,544	1,55	2,54	2,55	35	15
SGG 320	84,61	0,28	13,17	259,45	28,49	0,950	3,37	1,23	4,37	47	12
SGG 321	44,32	0,15	12,26	259,45	11,04	0,368	2,49	0,52	3,49	83	25
SGG 322	1,94	0,01	5,81	259,45	1,84	0,061	9,50	0,07	10,50	900	87
SGG 328	26,39	0,09	8,61	435,47	6,54	0,218	2,48	0,31	3,48	98	30
SGG 328	1,46	0,00	4,39	392,00	1,39	0,046	9,50	0,05	10,50	900	87
SGG 332	191,90	0,64	9,32	274,95	31,00	1,033	1,62	1,67	2,62	15	7
SGG 335	5,45	0,02	17,20	485,76	2,72	0,091	5,00	0,11	6,00	947	159
SGG 336	289,81	0,97	16,10	416,42	75,75	2,525	2,61	3,49	3,61	17	6
SGG 337	5,87	0,02	5,86	416,42	2,79	0,093	4,75	0,48	24,75	300	14
SGG 340	14,95	0,05	2,68	631,66	7,65	0,255	5,12	1,25	25,12	54	4
SGG 341	150,73	0,50	5,76	374,72	38,31	1,277	2,54	1,78	3,54	11	5
SGG 344	95,75	0,32	5,77	343,36	18,63	0,621	1,95	0,94	2,95	18	8
SGG 348	8,48	0,03	0,88	286,97	5,56	0,185	6,55	0,75	26,55	31	3
SGG 353	64,94	0,22	5,54	703,06	13,54	0,451	2,09	0,67	3,09	26	10
SGG 354	11,82	0,04	3,55	692,88	6,74	0,225	5,70	0,26	6,70	90	15
SGG 356	65,01	0,22	10,65	552,75	22,75	0,758	3,50	0,98	4,50	49	12
SGG 357	77,82	0,26	8,05	637,29	40,06	1,335	5,15	1,59	6,15	31	7
SGG 358	22,89	0,08	5,24	498,51	10,87	0,362	4,75	0,44	5,75	69	13
SGG 359	37,92	0,13	5,76	563,76	11,86	0,395	3,13	0,52	4,13	46	13
SGG 363	8,08	0,03	13,27	493,42	5,48	0,183	6,79	0,21	7,79	493	65
SGG 371	9,35	0,03	0,45	315,86	8,46	0,282	9,05	0,31	10,05	14	3

Designação comercial	Total Exp. (Tons.)	Média Diária Exp. (Tons./dia)	Stocks 15/1/2013	Preço venda (€/ton)	2-sigma (>95%)	Stock Segur. (Tons.)	Stock Segur. (dias)	Re-order Point (Tons.)	Re-order Point (Dias)	Dias de cobertura	Clase de Stock
<b>SGG 372</b>	2,14	0,01	0,50	315,86	1,52	0,051	7,13	0,06	8,13	71	10
<b>SGG 374</b>	2,16	0,01	4,32	357,34	2,05	0,068	9,50	0,08	10,50	600	59
<b>SGG 376</b>	113,23	0,38	9,64	306,04	21,69	0,723	1,92	1,10	2,92	26	10
<b>SGG 377</b>	35,70	0,12	4,30	306,04	9,54	0,318	2,67	0,44	3,67	36	11

## Anexo B – Análise ABC da totalidade dos artigos presentes em armazém

Tabela B.1 - Análise ABC da totalidade dos artigos

DESIGNAÇÃO COMERCIAL	Total Expedido (tons)	Média diária exp. (Tons.)	Stocks 15/11/2013	€ / Ton.	T.Prod. (Stock / Pedido)	Lead Time (Dias)	Stock imobilizado (€)	Clasif. ABC	Classe de stock
SGG 184	2570,08	8,57	50,53	239,55	S	1	12104,11	A	4
SGG 210	2206,04	7,35	61,04	240,12	S	1	14656,35	A	5
SGG 281	1445,77	4,82	35,36	326,55	S	5	11547,74	A	5
SGG 202	1435,50	4,78	70,00	248,21	S	1	17374,44	A	7
SGG 194	1361,78	4,54	107,78	237,34	S	4	25579,93	A	11
SGG 242	1271,58	4,24	38,22	296,37	S	1	11327,31	A	5
SGG 162	1158,94	3,86	14,50	240,16	S	1	3483,03	A	3
SGG 302	917,00	3,06	11,92	281,35	S	1	3353,65	A	3
SGG 261	812,87	2,71	19,84	359,54	S	1	7134,67	A	5
SGG 103	800,90	2,67	67,87	332,52	S	4	22568,87	A	11
SGG 240	544,89	1,82	21,12	327,51	S	1	6915,73	A	6
SGG 189	359,27	1,20	18,45	230,26	S	1	4248,95	A	8
SGG 170	310,98	1,04	20,30	263,78	S	1	5355,78	A	7
SGG 318	298,31	0,99	34,42	279,90	S	1	9634,24	A	15
SGG 336	289,81	0,97	16,10	416,42	S	1	6704,33	A	6
SGG 234	276,96	0,92	10,27	424,94	S	4	4363,31	A	6
SGG 21	276,73	0,92	0,00	274,84	S	1	0,00	A	1
SGG 235	254,05	0,85	29,78	420,07	S	5	12509,27	A	14
SGG 197	225,78	0,75	26,38	228,81	S	1	6036,52	A	12
SGG 72	222,35	0,74	13,92	527,79	S	1	7348,23	A	6
SGG 69	216,54	0,72	5,80	527,79	S	1	3061,76	A	4
SGG 219	215,64	0,72	38,50	470,32	S	4	18109,70	A	23
SGG 332	191,90	0,64	9,32	274,95	S	1	2562,66	B	7
SGG 213	187,61	0,63	11,98	231,25	S	1	2770,15	B	9
SGG 71	182,27	0,61	28,24	601,73	S	8	16990,96	B	19
SGG 222	178,27	0,59	7,70	315,75	S	5	2431,61	B	6
SGG 190	170,00	0,57	0,00	230,26	S	1	0,00	B	1
SGG 188	167,86	0,56	0,00	230,26	S	1	0,00	B	1
SGG 305	167,39	0,56	18,24	277,95	P	20	5069,20	B	9
SGG 216	157,32	0,52	39,79	231,25	S	1	9200,86	B	26
SGG 341	150,73	0,50	5,76	374,72	S	1	2158,20	B	5
SGG 68	146,33	0,49	27,67	601,73	S	1	16647,71	B	22
SGG 37	134,88	0,45	9,67	691,91	P	50	6689,77	B	2
SGG 203	134,28	0,45	5,42	240,17	S	1	1302,69	B	6
SGG 211	128,98	0,43	23,40	231,24	S	8	5410,04	B	18



DESIGNAÇÃO COMERCIAL	Total Expedido (tons)	Média diária exp. (Tons.)	Stocks 15/11/2013	€ / Ton.	T.Prod. (Stock / Pedido)	Lead Time (Dias)	Stock imobilizado (€)	Clasif. ABC	Classe de stock
SGG 164	126,34	0,42	0,00	240,16	S	1	0,00	B	1
SGG 244	124,13	0,41	8,12	288,30	S	1	2341,42	B	8
SGG 204	124,06	0,41	0,00	240,17	S	1	0,00	B	1
SGG 230	123,22	0,41	22,53	372,95	S	1	8403,47	B	21
SGG 205	122,27	0,41	11,60	240,17	S	1	2786,51	B	10
SGG 286	121,35	0,40	11,41	305,63	P	20	3486,45	B	11
SGG 294	120,52	0,40	40,31	441,42	S	1	17792,20	B	46
SGG 376	113,23	0,38	9,64	306,04	S	1	2951,11	B	10
SGG 67	108,66	0,36	12,76	527,79	S	1	6735,88	B	11
SGG 9	97,25	0,32	21,11	441,96	S	1	9328,15	B	20
SGG 106	96,51	0,32	8,91	328,94	S	1	2930,31	B	12
SGG 344	95,75	0,32	5,77	343,36	S	1	1980,51	B	8
SGG 289	94,67	0,32	4,56	430,08	S	1	1962,44	B	6
SGG104	92,79	0,31	14,74	328,94	S	1	4849,75	B	16
SGG 96	92,39	0,31	7,29	369,28	S	1	2692,09	B	11
SGG 112	88,20	0,29	10,67	307,34	P	20	3279,77	B	14
SGG 111	86,79	0,29	23,98	307,34	S	8	7371,28	B	66
SGG 115	85,28	0,28	11,41	301,57	S	1	3440,61	B	12
SGG 110	85,27	0,28	55,43	311,33	S	1	17256,69	B	62
SGG 320	84,61	0,28	13,17	259,45	S	1	3415,91	B	12
SGG 66	82,15	0,27	12,83	601,73	S	1	7723,16	B	17
SGG 248	81,26	0,27	16,59	446,93	S	1	7415,10	B	22
SGG 272	79,38	0,26	5,67	653,92	S	1	3707,55	B	11
SGG 347	77,98	0,26	0,00	286,97	P	20	0,00	B	1
SGG 357	77,82	0,26	8,05	637,29	S	1	5130,17	B	7
SGG 208	76,28	0,25	19,43	240,17	S	1	4667,40	B	27
SGG 212	71,18	0,24	5,93	231,24	S	1	1371,88	B	9
SGG 80	68,46	0,23	11,60	428,55	S	1	4972,18	B	12
SGG 356	65,01	0,22	10,65	552,75	S	1	5885,16	B	12
SGG 353	64,94	0,22	5,54	703,06	S	1	3897,65	B	10
SGG 52	64,19	0,21	8,12	388,00	S	1	3151,15	B	10
SGG 123	63,67	0,21	2,95	276,82	S	1	817,68	B	7
SGG 105	61,99	0,21	11,76	328,94	P	20	3869,87	B	4
SGG 284	61,90	0,21	16,32	305,63	S	9	4988,52	B	24
SGG 196	60,92	0,20	0,00	228,81	S	1	0,00	B	1
SGG 7	59,23	0,20	8,53	446,22	S	1	3805,16	B	15
SGG 20	58,95	0,20	5,60	274,84	S	1	1539,65	B	10
SGG 144	58,18	0,19	25,67	301,10	S	1	7729,16	B	30
SGG 135	57,61	0,19	2,28	410,77	S	1	937,28	B	6

DESIGNAÇÃO COMERCIAL	Total Expedido (tons)	Média diária exp. (Tons.)	Stocks 15/11/2013	€ / Ton.	T.Prod. (Stock / Pedido)	Lead Time (Dias)	Stock imobilizado (€)	Clasif. ABC	Classe de stock
SGG 198	56,70	0,19	11,69	228,81	S	1	2673,87	B	17
SGG 214	55,80	0,19	2,95	231,25	S	1	681,55	B	7
SGG 86	54,19	0,18	13,98	380,04	S	10	5311,34	B	16
SGG 274	50,29	0,17	1,81	648,69	S	1	1172,33	B	4
SGG 11	49,89	0,17	2,32	434,01	S	1	1007,11	B	5
SGG 312	48,63	0,16	8,58	497,94	S	1	4273,52	B	18
SGG 89	48,09	0,16	2,78	254,41	S	1	708,32	B	8
SGG 113	46,99	0,16	11,75	307,34	S	1	3611,02	B	5
SGG 246	46,40	0,15	17,40	367,01	S	1	6387,23	B	35
SGG 185	44,55	0,15	12,98	230,26	S	1	2988,91	C	14
SGG 88	44,49	0,15	4,41	270,67	S	1	1193,37	C	11
SGG 321	44,32	0,15	12,26	259,45	S	1	3181,48	C	25
SGG 54	43,64	0,15	2,57	435,34	P	20	1117,52	C	2
SGG 254	42,21	0,14	5,70	384,29	S	1	2192,17	C	13
SGG 99	41,74	0,14	2,79	367,36	P	20	1023,59	C	7
SGG 238	41,50	0,14	0,00	228,13	P	15	0,00	C	1
SGG 174	40,61	0,14	11,60	400,11	S	1	4642,12	C	18
SGG 191	38,84	0,13	1,96	230,26	S	1	451,48	C	4
SGG 297	38,36	0,13	7,56	500,63	S	1	3783,52	C	15
SGG 359	37,92	0,13	5,76	563,76	S	1	3247,00	C	13
SGG 87	35,19	0,12	8,12	376,50	S	1	3057,73	C	11
SGG 171	33,28	0,11	9,86	256,42	S	1	2528,76	C	28
SGG 304	32,99	0,11	0,00	277,95	S	1	0,00	C	1
SGG 299	32,70	0,11	2,66	450,64	S	1	1199,49	C	5
SGG 27	31,66	0,11	5,42	428,73	S	1	2323,37	C	11
SGG 282	31,33	0,10	0,00	308,82	S	1	0,00	C	1
SGG 125	31,30	0,10	5,09	324,65	S	1	1652,64	C	15
SGG 97	29,79	0,10	3,75	357,74	S	1	1342,85	C	6
SGG 79	28,53	0,10	8,70	394,63	S	1	3433,90	C	17
SGG 195	28,29	0,09	22,15	228,81	S	1	5067,70	C	49
SGG 220	27,84	0,09	31,33	441,33	S	1	13825,25	C	75
SGG 128	27,07	0,09	5,41	329,08	S	1	1781,78	C	17
SGG 48	27,07	0,09	5,41	444,47	S	1	2406,54	C	14
SGG 18	26,81	0,09	1,71	447,64	S	1	766,05	C	7
SGG 328	26,39	0,09	8,61	435,47	S	1	3747,32	C	30
SGG 175	25,72	0,09	8,27	434,91	S	1	3595,22	C	12
SGG 133	25,35	0,08	17,06	412,07	S	1	7027,95	C	50
SGG 262	25,06	0,08	0,00	338,13	S	1	0,00	C	1
SGG 137	24,36	0,08	12,76	405,78	S	1	5178,69	C	39



DESIGNAÇÃO COMERCIAL	Total Expedido (tons)	Média diária exp. (Tons.)	Stocks 15/11/2013	€ / Ton.	T.Prod. (Stock / Pedido)	Lead Time (Dias)	Stock imobilizado (€)	Clasif. ABC	Classe de stock
SGG 256	24,36	0,08	8,12	388,70	S	1	3156,81	C	21
SGG 218	23,76	0,08	13,20	549,19	S	1	7247,92	C	55
SGG 200	23,45	0,08	11,46	228,81	S	1	2621,92	C	17
SGG 90	23,41	0,08	2,81	253,94	S	1	714,61	C	12
SGG 358	22,89	0,08	5,24	498,51	S	1	2614,56	C	13
SGG 163	22,66	0,08	29,01	248,49	S	1	7207,48	C	56
SGG 131	22,62	0,08	8,48	413,32	S	1	3506,68	C	35
SGG 122	22,28	0,07	3,86	309,30	S	1	1194,51	C	19
SGG 251	22,27	0,07	10,90	409,22	S	1	4459,04	C	33
SGG 187	22,20	0,07	11,38	230,26	S	1	2619,91	C	27
SGG 95	21,87	0,07	8,48	515,58	S	1	4374,23	C	27
SGG 142	21,22	0,07	3,69	290,96	P	30	1073,65	C	3
SGG 221	21,12	0,07	10,56	353,97	S	1	3737,21	C	28
SGG 23	20,06	0,07	4,64	265,17	S	1	1229,12	C	14
SGG 16	19,90	0,07	17,06	486,06	S	1	8289,87	C	52
SGG 50	19,34	0,06	10,44	444,47	S	1	4641,18	C	46
SGG 17	19,11	0,06	3,79	482,24	S	1	1827,73	C	13
SGG 232	18,85	0,06	4,93	391,83	P	15	1932,11	C	5
SGG 233	18,48	0,06	2,64	690,06	S	1	1821,42	C	7
SGG 292	17,87	0,06	5,32	416,60	S	1	2217,79	C	19
SGG 117	17,46	0,06	0,00	266,12	P	20	0,00	C	1
SGG 129	17,41	0,06	4,83	406,06	S	1	1962,98	C	13
SGG 206	17,15	0,06	20,76	240,17	S	1	4984,75	C	66
SGG 296	17,13	0,06	8,73	500,63	S	1	4368,90	C	28
SGG 157	17,09	0,06	2,79	476,94	S	1	1329,73	C	11
SGG 126	16,78	0,06	0,19	295,79	P	20	55,77	C	2
SGG 138	16,44	0,05	22,72	323,23	S	1	7344,00	C	97
SGG 47	16,26	0,05	4,28	506,25	S	1	2165,88	C	21
SGG 19	15,99	0,05	11,00	360,43	S	1	3964,94	C	44
SGG 314	15,60	0,05	4,26	501,33	S	1	2133,40	C	20
SGG 215	15,52	0,05	0,00	231,25	S	1	0,00	C	1
SGG 340	14,95	0,05	2,68	631,66	P	20	1694,96	C	4
SGG 51	14,83	0,05	75,01	435,34	S	1	32656,50	C	328
SGG 3	14,51	0,05	2,90	409,96	S	1	1189,12	C	8
SGG 313	14,48	0,05	7,87	447,04	S	1	3516,98	C	35
SGG 141	14,14	0,05	16,03	303,20	S	1	4858,92	C	52
SGG 303	13,99	0,05	0,00	298,59	S	1	0,00	C	1
SGG 143	13,98	0,05	16,58	301,65	S	1	5001,83	C	75
SGG 273	13,74	0,05	7,95	614,92	S	1	4889,74	C	39

DESIGNAÇÃO COMERCIAL	Total Expedido (tons)	Média diária exp. (Tons.)	Stocks 15/11/2013	€ / Ton.	T.Prod. (Stock / Pedido)	Lead Time (Dias)	Stock imobilizado (€)	Clasif. ABC	Classe de stock
SGG 283	13,56	0,05	5,58	305,63	S	1	1704,48	C	7
SGG 24	12,09	0,04	7,18	265,17	S	1	1904,53	C	53
SGG 309	11,92	0,04	9,06	391,90	P	30	3550,35	C	8
SGG 354	11,82	0,04	3,55	692,88	S	1	2456,69	C	15
SGG 6	11,60	0,04	11,60	440,64	S	1	5112,36	C	54
SGG 12	11,41	0,04	0,00	554,04	S	1	0,00	C	1
SGG 84	11,37	0,04	8,53	380,19	S	1	3242,13	C	29
SGG 98	11,10	0,04	0,00	367,36	S	1	0,00	C	1
SGG 275	11,06	0,04	0,00	648,69	S	1	0,00	C	1
SGG 176	10,80	0,04	11,22	244,27	S	1	2739,55	C	54
SGG 199	10,42	0,03	4,36	228,81	S	1	997,28	C	22
SGG 49	10,27	0,03	1,71	506,25	S	1	866,35	C	10
SGG 116	9,70	0,03	1,09	296,37	P	20	323,34	C	3
SGG 285	8,30	0,03	0,00	305,63	P	20	0,00	C	1
SGG 58	8,22	0,03	3,87	627,77	P	20	2427,84	C	7
SGG 28	8,12	0,03	2,71	412,05	S	1	1115,51	C	26
SGG 156	8,09	0,03	3,21	681,48	S	1	2184,22	C	20
SGG 363	8,08	0,03	13,27	493,42	S	1	6545,92	C	65
SGG 249	7,21	0,02	10,39	446,93	S	1	4644,97	C	73
SGG 370	6,81	0,02	0,00	315,86	S	1	0,00	C	1
SGG 310	6,67	0,02	5,24	325,17	S	1	1705,47	C	42
SGG 337	5,87	0,02	5,86	416,42	P	20	2442,29	C	14
SGG 124	5,80	0,02	11,60	331,04	S	1	3840,77	C	106
SGG 5	5,80	0,02	6,96	412,40	S	1	2870,84	C	68
SGG 136	5,70	0,02	1,81	388,07	P	20	701,02	C	5
SGG 270	5,63	0,02	0,43	492,70	P	20	209,51	C	2
SGG 177	5,60	0,02	0,00	235,61	P	20	0,00	C	1
SGG 335	5,45	0,02	17,20	485,76	S	1	8356,14	C	159
SGG 263	5,29	0,02	0,00	338,13	P	20	0,00	C	1
SGG 319	5,06	0,02	0,00	259,45	S	1	0,00	C	1
SGG 74	4,25	0,01	1,16	510,01	S	1	591,72	C	11
SGG 25	4,24	0,01	1,19	265,17	S	1	316,06	C	10
SGG 155	4,20	0,01	2,85	401,88	P	30	1145,62	C	7
SGG 257	4,06	0,01	6,09	388,70	S	1	2367,61	C	80
SGG 247	3,99	0,01	5,98	367,01	S	1	2195,61	C	80
SGG 253	3,95	0,01	1,03	409,22	S	1	420,05	C	9
SGG 375	3,43	0,01	0,00	306,04	S	1	0,00	C	1
SGG 231	3,09	0,01	18,56	361,16	P	30	6704,33	C	48
SGG 29	3,00	0,01	1,39	310,67	S	1	431,34	C	25

DESIGNAÇÃO COMERCIAL	Total Expedido (tons)	Média diária exp. (Tons.)	Stocks 15/11/2013	€ / Ton.	T.Prod. (Stock / Pedido)	Lead Time (Dias)	Stock imobilizado (€)	Clasif. ABC	Classe de stock
SGG 31	2,85	0,01	7,42	681,14	P	20	5051,17	C	29
SGG 127	2,85	0,01	17,11	322,85	S	1	5524,97	C	173
SGG 311	2,84	0,01	2,84	307,93	S	1	873,57	C	30
SGG 158	2,79	0,01	5,82	413,13	P	30	2403,79	C	17
SGG 76	2,71	0,01	8,12	510,01	P	20	4142,07	C	32
SGG 178	2,69	0,01	0,00	259,65	P	15	0,00	C	1
SGG 153	2,67	0,01	1,45	413,13	P	30	600,95	C	6
SGG 63	2,57	0,01	0,57	601,73	P	15	343,25	C	4
SGG 65	2,42	0,01	2,42	481,91	P	15	1164,84	C	14
SGG 255	2,25	0,01	7,38	384,29	S	1	2836,12	C	109
SGG 374	2,16	0,01	4,32	357,34	S	1	1542,35	C	59
SGG 26	2,12	0,01	2,12	265,17	S	1	561,88	C	30
SGG 94	1,71	0,01	1,24	262,81	S	1	324,83	C	22
SGG 252	1,51	0,01	1,69	409,22	S	1	690,67	C	79
SGG 91	1,49	0,00	1,49	582,87	S	1	869,27	C	30
SGG 329	1,46	0,00	4,39	392,00	S	1	1720,33	C	87
SGG 85	1,42	0,00	1,34	395,39	P	20	530,73	C	11
SGG 207	1,39	0,00	13,15	240,17	S	1	3158,04	C	271
SGG 259	1,33	0,00	5,92	276,72	S	1	1638,10	C	129
SGG 186	1,27	0,00	16,39	230,26	S	1	3774,24	C	561
SGG 369	0,85	0,00	0,00	315,86	S	1	0,00	C	1
SGG 278	0,83	0,00	4,88	492,70	P	20	2405,18	C	74
SGG 295	0,64	0,00	0,00	504,53	S	1	0,00	C	1
SGG 92	0,47	0,00	3,15	1404,04	P	20	4428,84	C	81
SGG 134	0,44	0,00	1,51	389,33	P	20	587,93	C	36
SGG 10	0,38	0,00	0,86	471,70	S	1	403,61	C	66
SGG 271	0,36	0,00	2,14	514,10	P	20	1101,80	C	63
SGG 93	0,21	0,00	3,75	537,75	S	1	2015,02	C	506
SGG 161	0,08	0,00	2,85	401,88	P	30	1145,62	C	275

## Anexo C – Project Charter atualizado após a fase Medir

Tabela C.1 – Project Charter atualizado

		Projeto <i>Lean Seis Sigma</i> Saint-Gobain Glass Portugal			
Título do projeto			Departamentos envolvidos		
Otimização do nível de stock e coberturas aplicando a metodologia <i>Lean Seis Sigma</i>			Logística e Armazém de vidro da unidade de Santa Iria de Azóia		
Descrição do problema			Horário das reuniões		
<ul style="list-style-type: none"><li>- Atualmente não existe uma ideia clara dos <i>stocks</i> e respetivas coberturas de cada produto que devem ser mantidos em armazém;</li><li>- Reduzida rotatividade do <i>stock</i> em armazém;</li><li>- <i>Stocks</i> desajustados à realidade comercial.</li></ul>			Todas as Segundas-feiras pelas 11h00		
Cliente interno ( <i>Sponsor</i> do projeto)		Master Black Belts envolvidos	Green Belts envolvidos		
Interveniente 1		Rui Abreu	Interveniente 2 Interveniente 3 Francisco Ferrão		
Missão do projeto			Âmbito do projeto		
<ul style="list-style-type: none"><li>- Reduzir o tempo do vidro plano em armazém aplicando o ciclo DMAIC;</li><li>- Utilizando a análise ABC, controlar o nível de <i>stocks</i> de modo a evitar ruturas;</li><li>- Reduzir os custos de armazenagem.</li></ul>			<ul style="list-style-type: none"><li>- Otimização do armazém de vidro plano de Santa Iria de Azóia;</li><li>- Toda a gama de produtos comercializados no armazém de Santa Iria, excluindo o vidro plano da Saint-Gobain Sekurit.</li></ul>		
Restrições e suposições			Definição da meta		
Cada encomenda efetuada pelo cliente implica a chegada de um lote vindo de uma das diversas unidades fabris europeias, independentemente da quantidade desejada			<ul style="list-style-type: none"><li>- Eliminar os <i>stocks</i> obsoletos;</li><li>- Reduzir o valor financeiro dos <i>stocks</i> armazenados.</li></ul>		
Análise de risco do projeto					
Risco: <ul style="list-style-type: none"><li>- Não reduzir <i>stocks</i>;</li><li>- Não cumprir datas inicialmente estipuladas;</li><li>- Não seguir as políticas da empresa.</li></ul>			Estratégia de Mitigação: <ul style="list-style-type: none"><li>- Apresentar resultados à área comercial e trabalhar em sintonia;</li><li>- Completar o projeto até final de Fevereiro 2014;</li><li>- Estar ao corrente das estratégias da empresa.</li></ul>		
Nível Sigma do projeto					
Situação inicial: 2,50σ			Meta: 3,0σ		

## Anexo D – Diagrama de Gantt complementar do projeto após fase Medir

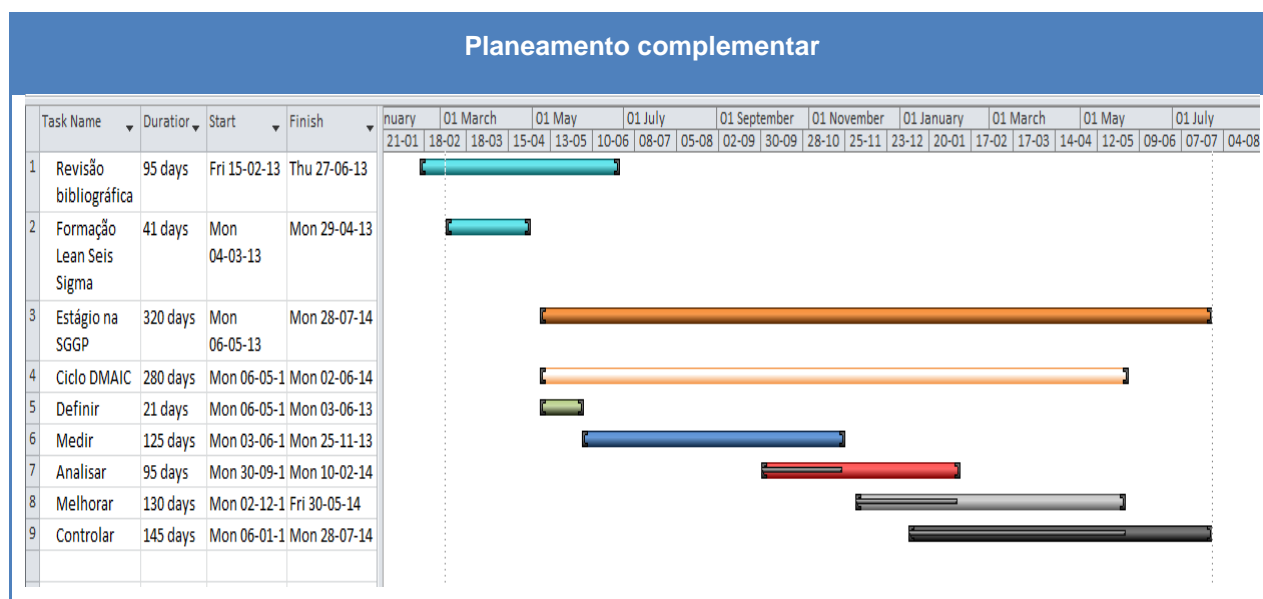


Figura D.1 - Diagrama de Gantt atualizado após fase Melhorar